RUDOLF MAGNUS

GOETHE ALS NATURFORSCHER





Der Genius der Poesie entschleiert das Bild der Natur.
Widmungsblatt zu *Al. v. Humboldts* Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einem Naturgemälde der Tropenländer. Tübingen 1807. Gezeichnet von *Thorwaldsen*. Darunter die Worte: An Goethe.

Goethe als Naturforscher

Vorlesungen

gehalten im Sommer-Semester 1906 an der Universität Heidelberg

von

Rudolf Magnus
ao. Professor für Pharmakologie

Mit Abbildungen im Text und auf 8 Tafeln



Leipzig
Verlag von Johann Ambrosius Barth
1906

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig-R.

Printed in Germany

Meiner Frau
und treuen Mitarbeiterin

Vorwort.

Die in diesem Buche veröffentlichten Vorlesungen sind die Frucht mehrjähriger Beschäftigung mit Goethes naturwissenschaftlichen Arbeiten. Seit in der Weimarer Ausgabe das gesamte Material an gedruckten und handschriftlich erhaltenen Aufzeichnungen der Allgemeinheit zugänglich gemacht wurde, ist eine ausführlichere Darstellung dieses Zweiges Goetheschen Wirkens nicht versucht worden. Ich selbst verdanke die Anregung zu genauerem Studium einem Leseabend mit den Freunden A. v. Domaszewski und J. Baron Uexküll, bei welchem wir die Farbenlehre durchgingen, und dabei alle zugehörigen Experimente selbst anstellten. Unser Erstaunen über die Schönheit der Versuche und die Treue der Beobachtung wuchs dabei ständig. Darauf wurde es mir durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Geh. Hofrat Dr. Ruland in Weimar ermöglicht, im Goethe-Hause mit des Dichters eignen, noch wohl erhaltenen Apparaten seine Versuche zu wiederholen.

Diese durch persönliche Anschauung gewonnene Kenntnis von Goethes Arbeitsweise war Veranlassung

zu weiterem Studium seiner Schriften. So wurde es mir möglich, im verflossenen Sommer für Hörer aller Fakultäten über „Goethe als Naturforscher“ zu lesen. An der ursprünglichen Fassung der Niederschrift ist nachträglich so wenig wie möglich geändert worden. Die Form der Vorträge soll andeuten, daß eine bis ins Kleinste eingehende Darstellung nicht beabsichtigt ist, sondern nur das Wichtigste in möglichst allgemeinverständlicher Form herausgegriffen werden sollte.

Der Entstehungsgeschichte der Vorträge entsprechend ist die auch heute immer noch nicht in ihrer Bedeutung genügend gewürdigte Farbenlehre in den Mittelpunkt gestellt. Die biologischen Forschungen gehen voran, die geologischen bilden den Schluß. Bei der Abfassung dieses letzteren Kapitels hat mich Herr Professor Wilhelm Salomon in Heidelberg mit freundlichem Rate unterstützt.

Herr Geh. Hofrat Dr. Suphan hat mir in liebenswürdiger Weise die Pforten des Goethe- und Schiller-Archivs eröffnet. Dem stellvertretenden Direktor des Goethe-Nationalmuseums, Herrn Geh. Regierungsrat v. Goeckel, bin ich zu großem Danke verpflichtet, daß er die Genehmigung zur Wiedergabe der in diesem Buche abgebildeten anatomischen und botanischen Zeichnungen und der optischen Instrumente erteilt hat. Ebenso wie die Reproduktion dieses bisher unveröffentlichten Materials wird auch

die Abbildung des Kasseler Elefantenschädels und das Thorwaldsensche Widmungsblatt „An Goethe" manchem willkommen sein.

Bei der weitverzweigten Goethe-Literatur ist es dem Einzelnen, wenn er nicht speziell Goethe-Forscher ist und sich mehr aus Liebhaberei in dieses so vielfach durchpflügte Feld gewagt hat, unmöglich, alle bis jetzt aufgedeckten Beziehungen zu berücksichtigen. Ich werde daher allen Lesern, die mich auf Irrtümer oder auf Lücken aufmerksam machen, zu großem Danke verpflichtet sein.

Heidelberg, im September 1906.

Rudolf Magnus.

Inhalt.

Erste Vorlesung.

Einleitung.

Meine Herren!

„Weite Welt und breites Leben,
Langer Jahre redlich Streben,
Stets geforscht und stets gegründet,
Nie geschlossen, oft geründet,
Ältestes bewahrt mit Treue,
Freundlich aufgefaßtes Neue,
Heitern Sinn und reine Zwecke,
Nun! man kommt schon eine Strecke."

Diese Verse, welche der Dichter selbst der Abteilung „Gott und Welt" seiner Gedichte vorangesetzt hat, in welcher er seine naturwissenschaftlichen Dichtungen zusammenfaßte, können auch wir als Motto für eine Betrachtung von Goethes naturwissenschaftlicher Tätigkeit nehmen. Hat er doch von seinen Jünglingsjahren an fast ununterbrochen geforscht und gegründet. Nur die Schlußworte „Nun, man kommt wohl eine Strecke" werden wir als zu bescheiden nicht zu den unsrigen machen: Denn wir haben tatsächlich in Goethe einen der hervorragenden Naturforscher an der Wende des 18. und 19. Jahrhunderts zu sehen, der auf allen den zahlreichen Gebieten, die er bearbeitete, seine Studien mit größter Energie betrieb und sich nie mit dilettantischer Tätigkeit begnügte, sondern nicht ruhte, bis er sich die

Kenntnisse und die Selbständigkeit des Fachmanns erworben hatte. Es soll gleich hier zu Beginn auf das schärfste betont werden, daß derselbe Mann, der uns die herrlichsten Dichtungen deutscher Sprache geschenkt hat, seine naturwissenschaftlichen Ergebnisse nicht als gelegentliche Früchte dichterischer Phantasie gewonnen hat, sondern stets die sorgfältigsten und mühevollsten Detailstudien anstellte, ehe er zu seinen oft grundlegenden Verallgemeinerungen gelangte. Nur ist für Goethe charakteristisch, daß er sich nie mit Kleinigkeiten, mit unwichtigen Nebensachen abgab, sondern daß ihn stets die grundlegenden Hauptfragen der von ihm bearbeiteten Gebiete interessierten. So kommt es, daß von den Resultaten, die er in den einzelnen Zweigen der Naturwissenschaft zeitigte, viele geradezu die Grundlage für die weitere Fortentwicklung dieser Wissenschaften geworden sind, und daß eine ganze Reihe von wichtigen Erkenntnissen direkt auf Goethe zurückgeführt werden können.

Müssen wir so die Energie anerkennen, mit der er jedesmal bemüht war, in die Tiefe der Erkenntnis zu dringen, so ist andrerseits die Breite seiner naturwissenschaftlichen Studien erstaunlich. Es ist heutzutage einem einzelnen Menschen überhaupt nicht mehr möglich, Goethe in allen Zweigen seiner wissenschaftlichen Tätigkeit mit vollem Verständnis nachzugehen. Ich muß daher auch Ihre Nachsicht

erbitten, wenn ich diejenigen Gebiete Goethescher Forschung, welche mir persönlich näher liegen, eingehender vor Ihnen erörtere, während ich z. B. seine mineralogischen und geologischen Arbeiten als Nichtfachmann Ihnen nur in kürzerer Übersicht referieren kann.

Goethe hat schon von seiner Studienzeit her Chemie getrieben, er hat die Entwicklung dieser Wissenschaft sorgfältig verfolgt und selbst gelegentlich chemische Versuche angestellt. Sehr viel eingehender war seine Beschäftigung mit physikalischen Problemen. Dasjenige Werk, das Goethe selbst für sein hervorragendstes gehalten hat, ist die Farbenlehre, für die er das ganze Gebiet der physikalischen Optik aufs exakteste durchexperimentiert hat; auch späterhin hat er die optischen Versuche fortgesetzt. Die Physik der Atmosphäre beschäftigte ihn lange Jahre hindurch und fand ihren Abschluß in einer eigenen Schrift über Meteorologie. Auch astronomische Beobachtungen blieben ihm nicht fremd. Sehr eingehend war seine Beschäftigung mit Mineralogie und Geologie. Er legte ausgedehnte Sammlungen an, verschaffte sich fachmännische Kenntnis des geologischen Aufbaus der deutschen Mittelgebirge und nahm selbst Stellung zu den sich damals bekämpfenden geologischen Theorien. Sehen wir ihn so fast das gesamte Gebiet der anorganischen Naturwissenschaften bearbeiten, so sind ihm fast noch

größere Erfolge bei dem Studium der organischen Natur beschieden gewesen. Pflanzenkunde hat ihn durch viele Jahrzehnte seines Lebens beschäftigt; die moderne Botanik verdankt das erste Eindringen in das Verständnis der Pflanzenform unserem Dichter. Eifrige zoologische Studien gehen nebenher, und wir haben in Goethe den eigentlichen Schöpfer der vergleichenden Anatomie zu sehen: seine Abhandlung über den Zwischenkiefer ist die erste vergleichend-anatomische Abhandlung. Die Knochenlehre studiert er eifrig und bereichert sie durch wichtige Befunde. Auch das Studium der vorsintflutlichen Tiere nach ihren knöchernen Überresten gewinnt sein Interesse. Dabei bleiben diese Forschungen nicht auf die Säugetiere beschränkt, auch Vögel, Fische, ja die Wirbellosen werden in den Kreis der Beobachtung hineingezogen. Aus all diesen Untersuchungen hat dann Goethe die Lehre von der Gestalt der organisierten Wesen, die Morphologie, als eigene Wissenschaft zusammengefaßt und begründet. Doch auch hiermit ist der Kreis seiner Interessen nicht erschöpft. Neben der Form interessiert ihn das Funktionieren der lebenden Gebilde, die Physiologie. Er studiert das Leben der Insekten, beobachtet Entwicklung und Bewegung der Infusionstiere, experimentiert über den Einfluß der Wärme, des Lichts und andrer Bedingungen auf das Pflanzenwachstum. Einen wichtigen Zweig der Physiologie

hat er aber geradezu selbst begründet, das ist die physiologische Optik! Ich werde Ihnen später auseinanderzusetzen haben, daß die grundlegende Bedeutung der Goetheschen Farbenlehre weniger in ihrem physikalischen als in ihrem physiologischen Teil liegt, und daß die physiologische Optik des 19. Jahrhunderts sich in direktem Anschluß an die Goethesche Farbenlehre entwickelt hat. So sehen wir Goethes Geist den gewaltigen Umfang der Natur ganz umfassen.

Der Dichter hat auf fast allen Gebieten, die er bearbeitete, zunächst seine Forschungen durchaus selbständig begonnen; war er aber zu wichtigen Ergebnissen gelangt, so suchte er den Anschluß an die gleichzeitigen Fachgelehrten, und es hat ihn nichts so sehr gekränkt und erbittert, als daß er fast jedesmal von diesen nicht anerkannt und zurückgewiesen wurde. Später drangen dann in den meisten Fällen die Goetheschen Ideen durch, und so finden wir ihn denn in den letzten Jahrzehnten seines Lebens in regem persönlichen und brieflichen Verkehr mit den hervorragendsten Gelehrten seiner Zeit. Es kam schießlich dazu, daß die Fäden fast der ganzen naturwissenschaftlichen Welt in Weimar zusammenliefen und Goethe nach allen Seiten hin in regem Gedankenaustausch stand. Mit Alexander v. Humboldt verbanden ihn schon früh anatomische, später botanische Interessen. Der Anatom Loder in Jena

ist anfangs Goethes Lehrer, und auch später nach dessen Übersiedlung nach Moskau wird der Verkehr brieflich fortgesetzt. Mit Sömmering, dem hervorragenden Anatomen in Kassel, später am Senkenbergschen Institut in Frankfurt, steht Goethe in fortgesetzter Verbindung. Seine Beziehungen zu Gall, dem Phrenologen und Gehirnanatomen, werden wir noch zu erörtern haben. Der Chemiker Döbbereiner in Jena, noch heute als der Erfinder des bekannten Feuerzeuges genannt, muß Goethe in allen Fortschritten der Chemie durch Mitteilungen und Experimente auf dem laufenden erhalten. Von dem Meister der modernen Chemie Berzelius sind verschiedene Briefe an Goethe erhalten. Der Botaniker v. Martius in München und eine Reihe von andern zeitgenössischen Botanikern stehen in regem Briefwechsel mit Weimar. D'Alton in Bonn und Carus in Dresden, beide vergleichende Anatomen, berichten regelmäßig über ihre wissenschaftlichen Fortschritte an Goethe, und dieser teilt ihnen wieder die eigenen Forschungen, Ideen und Zeichnungen mit. Ein umfassender Briefwechsel wurde mit dem Grafen Kaspar Sternberg besonders über mineralogische und paläontologische Probleme geführt, und auch mit Leonhard, der später Professor der Mineralogie an der Heidelberger Universität wurde, verbanden Goethe persönliche und briefliche Beziehungen. Wenn man diese zahlreichen uns erhaltenen Briefe durchmustert,

so spricht aus ihnen allen die tiefe Bewunderung und Ehrfurcht nicht nur vor Goethes Persönlichkeit, sondern auch vor dem Ernst und der Bedeutung seiner wissenschaftlichen Bestrebungen.

Nun fiel Goethes Leben allerdings auch in eine Zeit, in der die Naturwissenschaften eine ganz ungeahnte Entwicklung erlebten. Als er geboren wurde, befanden sie sich mit wenig Ausnahmen in einem ziemlichen Tiefstand; als er starb, hatten sie ihren Siegeszug als moderne Naturwissenschaften angetreten, der bis auf den heutigen Tag nicht aufgehört hat. Goethe hat als junger Mann noch alchimistische Studien getrieben, am Ende seiner Tage aber die neuere Chemie bereits als einen stolzen Bau aufgeführt gesehen. Als er seine botanischen Studien begann, herrschte noch absolut das starre System Linnés, als er sie abschloß, war, zum Teil auf Grund seiner eigenen Arbeiten, die neuere wissenschaftliche Botanik im Entstehen; und so war es auf fast allen Gebieten des Naturganzen.

Das bisher Besprochene bildet aber nur die eine Seite dessen, was uns hier interessiert. Wir haben es nicht allein mit der Schilderung eines der großen Naturforscher zu tun. Es würde, wie ich glaube, niemandem einfallen, eine eigene Vorlesung etwa über Cuvier, Faraday oder selbst Helmholtz vor einem allgemein gebildeten Hörerkreis zu halten. Was uns hier interessiert, ist, daß eben Goethe

dieser Naturforscher gewesen ist, daß in dem Leben des Mannes, der uns den Werther, den Faust, den Wilhelm Meister geschenkt hat, die Naturwissenschaften eine solche große Rolle gespielt haben. Und in der Tat ist die Berücksichtigung dieser wissenschaftlichen Beschäftigung Goethes zum Verständnis seines Gesamtbildes und seiner Entwicklung unumgänglich notwendig. Es haben daher die Goethebiographen auch in neuerer Zeit immer größeren Wert auf diese Seite seines Geistes gelegt. Man muß aber im allgemeinen wohl sagen, daß die Kenntnis von Goethes wissenschaftlichen Bestrebungen lange nicht in dem Maße Gemeingut aller Gebildeten geworden ist, als es für eine richtige Würdigung des Dichters wünschenswert wäre, und wir werden im Verlauf dieser Stunden sehen, wie vielfältig die naturwissenschaftlichen Bestrebungen alles, was Goethe denkt, tut und dichtet, durchdringen und bedingen.

Wir wollen in dieser Einleitung die Frage, wie in Goethes Persönlichkeit der Dichter und der Naturforscher zusammenhängen, nur kurz streifen, um sie dann ein zweites Mal zu erörtern, wenn wir von Goethes Forschungen Näheres erfahren haben. Schon jetzt aber sei darauf hingewiesen, daß das Zusammentreffen von künstlerischer und naturwissenschaftlicher Betätigung bei ein und demselben Individuum gar nicht so selten vorzukommen scheint. Um mit geringeren Beispielen zu beginnen, so erinnere ich Sie

nur an den Dichter Chamisso, dessen reizvolle Beschreibung seiner Weltumsegelung, auf der er wichtige zoologische und botanische Untersuchungen vornahm, Ihnen allen bekannt ist. Von Albrecht v. Haller wissen die meisten Menschen nur, daß er ein beschreibendes Gedicht über die Alpen verfaßt hat; er war aber außerdem der Begründer der modernen experimentellen Physiologie in Deutschland, und seine Forschungen sind die Grundlage, auf der auch heute noch weiter gearbeitet wird. Schon Goethe hat sich mit den Anschauungen und Dogmen Albrecht v. Hallers mehrfach in polemischer und scharfer Weise auseinanderzusetzen gehabt. Auch unter den bildenden Künstlern finden sich nicht selten Naturforscher. Michelangelo hat seine anatomischen Studien nicht allein deshalb vorgenommen, um seinen Skulpturen und Gemälden höchste Lebenswahrheit verleihen zu können, sondern auch aus reinem Interesse an der wissenschaftlichen Forschung. Die schlagendste Parallele gewährt aber der Mann, in dem Art und Geist des italienischen Volkes ihren höchsten Ausdruck gefunden haben: Lionardo da Vinci. Es ist wohl mehr als ein Zufall, daß gerade jetzt, wo man sich Goethes naturwissenschaftlichen Bestrebungen wieder mit Interesse zuwendet, auch Lionardos gleiche Tätigkeit neu untersucht wird. Ich hatte durch die Liebenswürdigkeit eines italienischen Kollegen Gelegenheit, bei einem diesjähri-

gen Aufenthalt in Florenz einem Vortragszyklus beizuwohnen, welcher in der Società Lionardo da Vinci über den italienischen Meister gehalten wurde. Wenn ich Ihnen nun ganz kurz aufzähle, was da über Lionardos Bedeutung als Architekt, Anatom und Biologe gesagt wurde, so werden Sie ohne weiteres die auffallende Ähnlichkeit in der Betätigung beider Männer erkennen.

Lionardo hat als Baumeister nicht nur neue künstlerische Gesichtspunkte entwickelt, sondern auch konstruktive und technische Fortschritte angebahnt. Er legte dem Florentiner Rat einen genauen Plan vor, wie man das Baptisterium S. Giovanni, das ziemlich tief in der Erde steckt, als Ganzes, ohne es zu verletzen, heben und auf ein neues Fundament stellen könne. Er galt als der erste Wasserbaumeister seiner Zeit, und seine Pläne zur Kanalisation der Poebene und Toskanas sind Ideale, welche bis heute noch nicht erreicht worden sind. Von ihm stammt die Idee einer völligen Reform des Städtebaus in der Weise, daß jede Stadt zwei voneinander unabhängige Systeme von Straßen besitzen soll, von denen eine nur für Fußgänger, die andere für Wagen und Güterverkehr dient, jedes Haus aber von beiden Straßenzügen zugänglich sein soll. Nur Edinburgh besitzt meines Wissens Andeutungen einer derartigen Bauart. Als Festungsingenieur besaß Lionardo, in ähnlicher Weise übrigens wie auch

Michelangelo, weitverbreiteten Ruf; die Zitadelle von Mailand ist von ihm erbaut worden. Er galt als einer der hervorragendsten Artilleristen, der Geschützkonstruktionen erfand und die Geschoßbahnen berechnete. Auch als Mathematiker ist er seiner Zeit weit vorausgeeilt. Erst in neuerer Zeit ist bekannt geworden, daß wir in Lionardo den eigentlichen Begründer der modernen menschlichen Anatomie zu sehen haben. Während bisher Vesal diesen Ruhm besaß, hat sich jetzt ergeben, daß Lionardo schon mehrere Jahrzehnte früher seine Sektionen menschlicher Leichen ausgeführt und deren Resultate in wunderbaren Zeichnungen niedergelegt hat, zu denen er einen eingehenden wissenschaftlichen erklärenden Text gab. Die einzige Frage, welche heute noch diskutiert wird, ist, ob Vesal von diesen Arbeiten Lionardos Kenntnis hatte, und also des Plagiats schuldig ist, oder ob er selbständig die ganze Anatomie noch einmal entdeckt hat. Auch vergleichend anatomische Studien hat Lionardo angestellt. Er verglich besonders den Aufbau des Menschen mit dem des Pferdes, und legte sich die Frage vor, inwieweit durch die verschiedene Körpergestalt und die verschiedene Funktion der Unterschied in der Anordnung von Knochen und Muskeln bei beiden Wesen bedingt sei. Daneben treffen wir bei Lionardo auf eingehende Beschäftigung mit physiologischen Pro-

blemen. Er studierte den auch heute noch nicht aufgeklärten Vogelflug. Er stellte Untersuchungen über die Bewegungen des Blutes an und er scheint der Erste gewesen zu sein, der die Probleme des tierischen Stoffwechsels klar erkannt und formuliert hat. Allgemein bekannt ist, daß er optische Studien betrieben und Forschungen zur Farbenlehre angestellt hat. So finden wir denselben Künstler, der die Mona Lisa und das Abendmahl schuf, als Techniker, Physiker, Anatom und Physiologe tätig. Wenn Sie nun das vergleichen, was ich Ihnen vorhin über Goethes naturwissenschaftliche Wirksamkeit gesagt habe, werden Sie leicht die überraschende Ähnlichkeit in der Geistesart beider Männer erkennen. Freilich war Lionardo Bildner, Goethe Dichter, aber auch hier ist der Unterschied kein so durchgreifender, als es auf den ersten Blick scheint. Goethe selbst hat in einem kurzen Aufsatz, anknüpfend an eine Bemerkung in Heinroths Anthropologie, ausgeführt, daß für seine Geistesart die Fähigkeit zu anschaulichem Denken charakteristisch sei, da er das Vermögen besitze, sich alle Dinge, alle Vorgänge, alle Menschen, über die er nachdenke und die er dichte, in jedem Augenblick so plastisch vorzustellen, daß er sie gleichsam vor seinem inneren Auge erscheinen sehe. So operiert Goethe beim Dichten und beim Forschen immer mit optischen Vorstellungen, und es ist ohne weiteres

klar, wie ihm das beim wissenschaftlichen Arbeiten, wie für die unmittelbare Anschaulichkeit seiner Dichtungen zustatten kommen mußte. Sehen wir hier den Poeten von der Eigenschaft des Naturforschers Gebrauch machen, so wird auf der andern Seite auch der Forscher Goethe durch die dichterischen Qualitäten unterstützt. Kein geringerer als Helmholtz hat darauf hingewiesen, daß jeder Naturforscher, der mehr leisten will, als die einfache nackte Aufzählung der von ihm beobachteten Erscheinungen, der die Naturphänomene begreifen und zu einem übersichtlichen und verständlichen Ganzen zusammenfassen will, etwas von der schöpferischen Phantasie des Künstlers nötig hat, und so sehen wir, wie sich auch bei Goethe diese beiden Eigenschaften gegenseitig ergänzen und durchdringen: vom Naturforscher die Fähigkeit gegenständlichen Denkens, vom Dichter die schöpferische Phantasie; und wir finden daher sowohl in den naturwissenschaftlichen Werken immer den ganzen Goethe, wie in seinen Dichtungen. So bewundern wir in seinen wissenschaftlichen Abhandlungen neben der Exaktheit der Forschung und der Klarheit des Gedankens auch die Schönheit der Darstellung, und so finden wir auch in Goethes Dichtungen neben der höchsten poetischen Vollendung die außerordentliche Anschaulichkeit der dargestellten Menschen und Handlungen und die

Treue in der Wiedergabe der menschlichen Art und der Natur. Auch Goethes Dichtungen kann man erst ganz würdigen, wenn man den naturwissenschaftlichen Einschlag in ihnen bewußt oder unbewußt mit in Rechnung zieht.

Bis in die 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts war man für die Beurteilung von Goethes naturwissenschaftlicher Tätigkeit im wesentlichen auf diejenigen Aufsätze angewiesen, welche er selbst in seine Werke, einschließlich der nachgelassenen Schriften, aufgenommen hatte, und welche hier ein ziemlich wenig beachtetes Dasein fristeten. In Wirklichkeit ist der Umfang seiner naturwissenschaftlichen Werke ein wesentlich größerer. Schon zu Lebzeiten von Goethes Enkeln haben diese seine naturwissenschaftliche Korrespondenz in einer Reihe von Publikationen veröffentlichen lassen. Nach ihrem Tode wurde Goethes vollständiger Nachlaß der Allgemeinheit zugänglich, und es ist nun auf Grund dieses jetzt im Goethe- und Schillerarchiv befindlichen Materials die Gesamtheit von Goethes naturwissenschaftlichen Aufzeichnungen als 2. Abteilung der großen Weimarer Goetheausgabe in 13 stattlichen Bänden veröffentlicht worden, welche jetzt nahezu vollständig vorliegen. Erst dadurch wurde es möglich, einen wirklichen Einblick in Goethes Forschungen zu gewinnen. Hier sind nicht nur diejenigen Schriften abgedruckt, welche er selbst ver-

öffentlicht hat, sondern eine Fülle noch ungedruckten Materials; Aufsätze, Entwürfe, erste, später verworfene Fassungen, Notizen, Aufzeichnungen und Versuchsprotokolle, hingeworfene Ideen zu späteren Arbeiten, kurzum alles, was Goethes Geist in diesen Fragen bewegt hat und was er der Aufzeichnung für wert erachtete. Dadurch ist die Übersicht über Goethes naturwissenschaftliche Forschungen wesentlich vertieft und erweitert, und wir können erst jetzt die Fülle desjenigen ermessen, was ihn alles beschäftigt hat. Nicht minder wichtig erscheint aber, daß sich aus seinen kurzen Notizen und Protokollen ein klarer Einblick in die Art gewinnen läßt, wie er wissenschaftlich arbeitete, wie bei ihm die Probleme sich entwickelten, angepackt und gelöst wurden, wie ihm seine Resultate durchaus nicht spielend zufielen, sondern in ernster, mühevoller und oft enttäuschender Arbeit errungen werden mußten. Indem wir so in die Werkstätte des Forschers einen Einblick tun können, wie das vielleicht bei keinem andern Naturforscher mit gleicher Deutlichkeit möglich ist, gewinnen wir zugleich von einer neuen Seite her ein persönliches Verhältnis zu Goethe und sehen seine reifen Arbeiten aus ihren ersten Anfängen her entstehen und sich entwickeln.

Außer dem handschriftlichen Nachlaß haben Goethes Enkel das Haus ihres Großvaters mit seinem gesamten Inhalt der Nation vermacht, und

hier findet sich nun noch wohl erhalten neben den zahlreichen anderen Sammlungen auch alles, was von den naturwissenschaftlichen Studien her von Goethe der Aufbewahrung wert erachtet wurde. Hier ruht in umfangreichen Schränken seine gewaltige, mehr als 18000 Nummern umfassende Mineraliensammlung, welche Stücke von ganz hervorragender Schönheit und Seltenheit enthält. Hier sieht man Skelette und Schädel, an denen Goethe vergleichend anatomische Studien gemacht hat. Hier finden sich zahlreiche physikalische, besonders elektrische Apparate, mit denen er für sich und bei seinen Vorträgen experimentierte. Hier ist vor allen Dingen in ganz überraschender Reichhaltigkeit alles erhalten, was er zu seinen optischen Studien verwendet hat: Prismen, Spiegel, Polarisationsapparate, Flintglasstücke, farbige Papiere und Seiden, und alle die andern Dinge, welche bei den in der Farbenlehre beschriebenen Experimenten zur Verwendung kamen, liegen noch heute zum Teil in denselben Papieren, in welche Goethe sie eingewickelt hat, in den Schränken des Goethehauses, und es gewährt, wie ich Sie aus eigener Erfahrung versichern kann, einen eigentümlichen Reiz, an dieser geweihten Stätte mit Goethes eigenen Apparaten seine Versuche nachzumachen und sich zu überzeugen, mit welcher Exaktheit er beobachtete, mit welcher anschaulichen Treue alles, was er bei seinen Ver-

suchen sah, von ihm geschildert wurde. Auf diese Weise läßt sich noch heute die ganze Pracht der von Goethe beschriebenen optischen Phänomene wieder hervorzaubern. Im Goethehause findet sich ferner seine naturwissenschaftliche Bibliothek, die von der Reichhaltigkeit seiner Interessen und seiner Studien, von dem Ernst, mit dem er sich auf allen Gebieten unterrichtete, ein noch heute sprechendes Zeugnis ablegt. Außerdem liegen hier noch zahlreiche Zeichnungen und graphische Darstellungen, welche ein wertvolles Illustrationsmaterial für viele von Goethes naturwissenschaftlichen Schriften abgeben, Tafeln mit geologischen, anatomischen, botanischen und anderen Abbildungen, welche zum Teil noch immer der Veröffentlichung harren.

So ist man heute vielleicht besser als vor 30 Jahren imstande, Goethes naturwissenschaftliche Tätigkeit zu verfolgen und zu würdigen, und ich will versuchen, ob es mir gelingt, Ihnen ein anschauliches Bild von dieser Seite des Goetheschen Geisteslebens zu entwerfen.

Zweite Vorlesung.

Goethes Leben.

Meine Herren! Wir wollen jetzt beginnen, den Rahmen zu entwerfen, in den wir später Goethes naturwissenschaftliche Leistungen in Einzeldarstellungen einfügen wollen. Wir wollen seinen naturwissenschaftlichen Entwicklungsgang kennen lernen und sehen, wie sich die verschiedenartigen Studien und Beschäftigungen in seinen Lebenslauf verflochten haben. Es soll das zunächst nur eine ganz oberflächliche Skizze werden, die näheren Details werden wir später nachzutragen ausreichend Gelegenheit haben.

Aus Goethes Kindheit erfahren wir nur wenig über Berührung mit naturwissenschaftlichen Dingen und er selber hat bei der Schilderung seines Entwicklungsganges auf diese kindlichen Anfänge nur geringen Wert gelegt. In eigentliche Berührung kommt er mit der Naturwissenschaft erst auf der Universität. 1765—68 finden wir ihn als Studiosus der Rechte in Leipzig. Aber schon hier beschränkt er sich keineswegs auf das Fachstudium. Außer den vielen andern Interessen, die er in der Leipziger

Zeit pflegt, studiert er auch Physik und hört besonders Elektrizitätslehre bei Winkler. In näherem Verkehr steht er mit mehreren Medizinern, unter denen Erhardt Kapp, der später berühmte Arzt, der auch Goethe zu seinen Patienten zählte, genannt sein möge. Auch bei dem Mittagstisch des Mediziners und Botanikers Ludwig, an dem er teilnahm, mögen zahlreiche Anregungen auf ihn eingewirkt haben. Dann erkrankt er an jenem rätselhaften Leiden, dessen Natur bis heute noch nicht aufgeklärt ist. Er kehrt nach Frankfurt zurück und macht ein längeres Krankenlager in seinem Elternhaus durch. Hier wird er durch den Einfluß der schönen Seele, des Frl. v. Klettenberg, und seines Arztes auf alchimistische Studien gebracht. Er studiert und experimentiert mit Retorten und Kolben und liest auch in jener Zeit neben den Werken des Paracelsus das chemische Kompendium und die Aphorismen Boerhaves, des berühmten Klinikers, dessen Anschauungen und Lehren damals die gesamte medizinische Wissenschaft beherrschten. Auf jene Studien haben wir wohl die alchimistischen Reminiszenzen in Fausts Osterspaziergang zurückzuführen, in denen die Darstellung der Arzenei in der phantastisch-symbolischen Sprache jener Wissenschaft aus dem „roten Leu“ und der „Lilie“ geschildert werden.

1770 und 71 studiert Goethe in Straßburg und er gerät daselbst in den Kreis anregender Männer,

teilweise wieder Mediziner, die er uns in Wahrheit und Dichtung so anschaulich geschildert hat. Er erwähnt dabei, daß nach seinen Erfahrungen die Mediziner die einzige Klasse von Studierenden seien, welche sich für ihr Fach so interessieren, daß sie auch außerhalb des Kollegs davon zu sprechen pflegen. In dieser „fachsimpelnden“ Gesellschaft hat nun Goethe nach seiner eigenen Angabe eine Menge medizinischer und naturwissenschaftlicher Anregungen erfahren. Aber er begnügte sich damit nicht, sondern hörte auch eifrig Vorlesungen, so Chemie bei Spielmann, der zugleich Professor der Botanik und Lehrer am botanischen Garten war, Anatomie beim berühmten Anatomen Lobstein, ja, er besuchte die Klinik des älteren Ehrmann und hörte, was heutzutage einem Juristen wohl schwerlich erlaubt sein dürfte, sogar Geburtshilfe beim jüngeren Ehrmann.

Die Straßburger Zeit geht vorüber; er kehrt nach Frankfurt zurück; die Wetzlarer Periode folgt. Wir stehen in der Zeit von Goethes Sturm und Drang. Werther und Götz werden geschaffen und begründen den Ruhm des Dichters. In diesen Jahren hören wir von naturwissenschaftlichen Bestrebungen Goethes nur wenig. Sie treten hinter den übrigen mächtigen Interessen des jungen Genies zurück. Das einzige Erwähnenswerte aus jener Zeit ist die Bekanntschaft mit Lavater (1774), der damals die physiognomischen

Fragmente herausgab, für die sich Goethe alsbald aufs lebhafteste interessierte. Er hat dann an dem Werk mitgearbeitet, einzelne kurze Beschreibungen zu Köpfen berühmter Männer und auch zu Tierköpfen gegeben und wurde von Lavater nachdrücklichst auf die knöcherne Grundlage des Gesichtes, den Schädel hingewiesen. So knüpfen die Anfänge von Goethes osteologischen Studien an die Lehre vom Gesichtsausdruck an, an die Frage, wie man Art und Charakter eines Menschen aus den Gesichtszügen ablesen könne und durch welche anatomischen und psychischen Faktoren die Physiognomie bestimmt werde. Daran schloß sich eine eifrige Korrespondenz über osteologische Fragen mit seinem Freund Merck in Darmstadt.

Im November 1775 tritt der Umschwung in Goethes Leben ein. Er folgt der Einladung des Herzogs von Weimar, und binnen kurzem finden wir ihn als Freund Carl Augusts, dann als leitenden Minister in dem kleinen mitteldeutschen Herzogtum. In die ersten Weimarer Jahre fallen nun die entscheidenden Anfänge intensiver Beschäftigung Goethes mit den Naturwissenschaften, und zwar gingen die Anregungen hierzu zu einem gewissen Teil aus von den dienstlichen Beziehungen mit den verschiedenen Ressorts seines Ministeriums. Durch die Beschäftigung mit Land- und Forstwissenschaft wurde er auf Botanik, durch die Notwendigkeit, den Ilmenauer

Bergbau wieder zu beleben, auf Mineralogie und Geologie hingewiesen, und schon 1777 finden wir ihn auf der Harzreise, 1780 auf der Schweizerreise mit eifrigen geologischen Studien beschäftigt. Schon damals mußte er sich auch mit den naturwissenschaftlichen Instituten der Universität Jena befassen, denen er sein ganzes Leben hindurch von da ab sein lebhaftes Interesse und seine Arbeitskraft gewidmet hat. Anfangs stand Goethe mit diesen naturwissenschaftlichen Bestrebungen in Weimar allein. Nur der Hofapotheker Buchholz hatte ähnliche Neigungen. Von diesem erfuhr Goethe die neueren Fortschritte der Physik und Chemie, und da Buchholz nach der damaligen Sitte in dem Garten seines Hauses sich die offizinellen Pflanzen für seine Apotheke selber zog und auch andre Pflanzen kultivierte, so lernte Goethe auf diesem Wege auch vieles über Botanik und Pflanzenzucht. Erst 1780 gelang es ihm, den Herzog für die Naturwissenschaften zu interessieren. Er wird ihn vermutlich bei ihrer gemeinschaftlichen Schweizerreise immer wieder auf die interessanten Phänome der großartigen Schweizernatur hingewiesen haben. Vier Jahre später aber hat er bereits die ganze Weimarer Gesellschaft und den Hof in den Bannkreis seiner naturwissenschaftlichen Bestrebungen hineingezogen. Wie weit das damals ging, ersehen wir aus einem an Körner gerichteten Brief Schillers, welcher im

Jahre 1787, während Goethe in Italien weilte, nach Weimar gekommen war und dort Goethes Einfluß fortwirkend vorfand. Hören wir Schiller selbst: „Goethes Geist hat alle Menschen, die zu seinem Zirkel zählen, gemodelt. Eine stolze philosophische Verachtung aller Spekulation und Untersuchung mit einem bis zur Affektation getriebenen Attachement an die Natur, eine Resignation in seine fünf Sinne, kurz eine gewisse kindliche Einfalt der Vernunft bezeichnet ihn und seine ganze hiesige Sekte. Da sucht man lieber Kräuter und treibt Mineralogie, als daß man sich in leere Demonstrationen verfinge. Die Idee kann ganz gesund und gut sein, aber man kann auch viel übertreiben."

1781 beginnt nun Goethe wieder anatomische Studien, und zwar läßt er sich von Loder in Jena acht Tage lang an zwei Leichen Knochen- und Muskellehre demonstrieren. Die hierdurch wieder aufgefrischte Kenntnis der menschlichen Anatomie macht er dann sofort praktisch nutzbar und hält in Weimar für die Schüler der Zeichenschule anatomische Vorlesungen, um sie in das Verständnis der menschlichen Form einzuführen. Diese anatomischen Studien werden nun zunächst nicht wieder abgebrochen und schon drei Jahre später hat Goethe seine erste wissenschaftliche Abhandlung vollendet, den Aufsatz über den Zwischenkiefer, dessen Bedeutung weit darüber hinausgeht, daß er das Vor-

handensein dieses Knochens auch beim Menschen nachwies, der vielmehr als die erste wissenschaftliche vergleichend anatomische Abhandlung anzusehen ist. Trotzdem wurde sie, wie später näher zu schildern sein wird, von den Fachgelehrten abgelehnt und erst allmählich brachen sich die in ihr niedergelegten Erkenntnisse Bahn. Goethe wurde aber durch diesen Mißerfolg so verstimmt, daß er weitere anatomische Publikationen zunächst unterließ. In jener Zeit setzte er außerdem die geologischen Studien fort. 1784 auf der dritten Harzreise, 1785 in Karlsbad gewinnt er wichtige neue Erfahrungen.

Im folgenden Jahre schüttelt Goethe die drückende Last der Weimarischen Enge mit all ihren beruflichen und gesellschaftlichen Verpflichtungen von sich. Er flieht nach Italien und erlebt in diesem Lande eine menschliche und künstlerische Wiedergeburt. Auf diesem zweiten Höhepunkt seines dichterischen Schaffens, als er Egmont vollendet, Iphigenie umarbeitet, die bedeutendsten Teile des Tasso dichtet, hat er nun interessanterweise auch gleichzeitig einen der wichtigsten naturwissenschaftlichen Fortschritte gemacht. Es wird gelegentlich behauptet, daß Goethe seine naturwissenschaftlichen Studien hauptsächlich in den Jahren mangelnder poetischer Produktivität getrieben habe; für die botanischen Entdeckungen der italienischen Reise gilt dies zweifellos nicht. Er

studiert hier auf italienischem Boden die ihm neuen südlichen Pflanzenformen, gewinnt neue Erfahrungen über die Abhängigkeit des Wachstums von den äußeren Bedingungen, wie Licht, Luft und Boden, und gelangt schließlich bei der Suche nach einer Urpflanze zu jener höchsten Verallgemeinerung über den Aufbau der Pflanzenform, die er in seiner Pflanzenmetamorphose niedergelegt hat. Damit sind aber seine naturwissenschaftlichen Interessen in Italien nicht erschöpft. Er wendet sich hier wieder der Anatomie zu, studiert den menschlichen Körper, besonders die Muskeln, und versucht auf diesem Wege in das Verständnis zunächst der Skulpturen Michelangelos, dann der Antike einzudringen. Indem er die antiken Statuen auf ihre anatomische Naturtreue hin prüft, gelangt er zu dem Verständnis, wie die alten Künstler auf Grund genauester Kenntnisse der menschlichen Form doch zu typischen und allgemeingültigen Einzeldarstellungen gekommen sind. Dabei stellt er interessante Parallelen an zwischen der Art, wie die Natur und wie der Künstler bei der Hervorbringung körperlicher Gestalten schöpferisch vorgeht.

Von Italien kehrt er wieder nach Weimar zurück, und von nun an bis zu seinem Tode brechen die naturwissenschaftlichen Studien nicht wieder ab. Er entfaltet eine rastlose Tätigkeit, um alle Gebiete in gleicher Weise zu bearbeiten. Als Beispiel für die

Vielseitigkeit seiner Tätigkeit möge kurz aufgezählt werden, was er schon im Jahre 1790 alles getrieben hat. Da wurde die Schrift über die Pflanzenmetamorphose vollendet, da brachte er bei der Betrachtung eines gesprengten Schafschädels am Lido die Wirbeltheorie des Schädels, über die er schon früher nachgedacht hatte, zum Abschluß, da schrieb er, während er sich mit den Truppen des Herzogs im schlesischen Lager befand, inmitten des militärischen Trubels den Versuch über die Gestalt der Tiere, und in demselben Jahre begann er, ausgehend von einer Untersuchung des malerischen Kolorits, seine optischen Studien, und glaubte nach kurzer Zeit gefunden zu haben, Newtons Hypothese von der Zusammensetzung des weißen Lichtes aus farbigem sei falsch. Diese optischen Arbeiten nehmen von da an immer mehr sein Interesse gefangen, und 20 Jahre lang forscht und experimentiert er, bis im Jahre 1810 ein vorläufiger Abschluß erzielt ist und seine Farbenlehre der Öffentlichkeit übergeben werden kann. In demselben Jahre, 1790, ist er wieder in größerem Maßstabe für die Universität Jena tätig, deren Museen vervollständigt und erweitert werden. Jetzt und in späteren Jahren ist es seine Hauptsorge, diese Sammlungen durch Geschenke zu vergrößern und dafür zu sorgen, daß auch von andrer Seite reichlich Zuwendungen gemacht werden. Auch die Anlage des botanischen Gartens in Jena fällt in diese Zeit.

Zwei Jahre später finden wir Goethe im Feld. Er begleitet die Truppen des Herzogs auf ihren Märschen mit der preußischen Armee unter dem Befehl des Herzogs von Braunschweig nach Frankreich hinein und erlebt das hoffnungsfreudige Vordringen, die unrühmliche Kanonade von Valmy und den schwierigen und gefährlichen Rückzug des Heeres, den er uns in seiner Campagne in Frankreich so anschaulich geschildert hat. Als Reiselektüre in die Strapazen des Feldzuges begleitet ihn charakteristischerweise Gehlers physikalisches Lexikon. Unausgesetzt beobachtet er während des Marsches die Naturphänomene, studiert Lichtbrechungserscheinungen in klaren Gewässern, und des Abends beim Wachtfeuer, mit dem Prinzen Reuß auf und ab gehend, doziert er diesem zu dessen höchstem Erstaunen nicht etwa künstlerische oder politische Anschauungen, sondern seine neuesten Ergebnisse über die Farbenlehre. Diese optischen Studien werden auch später bei der Belagerung von Mainz fortgesetzt. Nach der Rückkehr aus Frankreich geht Goethe den Rhein hinunter und besucht bei Düsseldorf seine Freunde Jacobi in Pempelfort. Bei der Schilderung dieses Besuchs tritt uns so recht anschaulich entgegen, was er sein ganzes Leben hindurch immer wieder erfahren mußte, die völlige Verständnislosigkeit und das mangelnde Anerkennen von Goethes Freunden seinen naturwissenschaft-

lichen Studien gegenüber. Man wollte immer nur den Dichter Goethe gelten lassen, betrachtete die naturwissenschaftlichen Forschungen als ein Abtrünnigwerden von seinem eigentlichen Beruf und konnte durchaus nicht begreifen, daß für ihn die Naturphänomene zeitweise von größerer Anziehungskraft und Bedeutung waren als alle dichterischen Vorwürfe. Dieselbe Bitterkeit, die hier den Freunden gegenüber laut wird, hat Goethe auch gegen die Zunft der Fachgelehrten gefühlt und ausgesprochen, welche gewöhnlich seinen wissenschaftlichen Werken bei ihrem Erscheinen ablehnend, ja feindlich gegenüberstanden. Zahlreiche harte Worte sind darüber aus seinem Munde gefallen, und er hat zweifellos unter der mangelnden Anerkennung seiner naturwissenschaftlichen Bestrebungen mehr gelitten als unter der Verständnislosigkeit, auf die seine Dichtwerke zeitweise stießen. Noch im Jahre 1831 schrieb er darüber: „Seit länger als einem halben Jahrhundert kennt man mich im Vaterland und auch wohl auswärts als Dichter und läßt mich allenfalls für einen solchen gelten; daß ich aber mit großer Aufmerksamkeit mich um die Natur in ihren allgemeinen physischen und organischen Phänomenen emsig bemüht und ernstlich angestellte Betrachtungen stetig und leidenschaftlich im Stillen verfolgt, dieses ist nicht so allgemein bekannt, noch weniger mit Aufmerksamkeit bedacht worden.“ Für jeden, der Goethes

abgeklärte und oft bewußt ruhige Sprechweise kennt, zittert in diesen Worten das Gefühl jahrelangen Verkanntseins durch.

Wir kommen jetzt in die Jahre, in denen Wilhelm Meister entstand. 1794 und 1795 verweilte Goethe besonders viel in Jena und verkehrte dort unter andern nahe mit den Brüdern Humboldt. Er hörte damals mit Alexander von Humboldt und seinem Hausgenossen Heinrich Meyer Loders Vorlesung über Bänderlehre. Im Anschluß an diese Demonstrationen entwickelte Goethe den Freunden näher seine Ideen über vergleichende Anatomie. Diese wurden mit höchstem Interesse aufgenommen, und Alexander von Humboldt war von ihrer Bedeutung so durchdrungen, daß er nicht nachließ zu drängen, bis Goethe sie dem jungen Jacobi diktierte. So entstand die allgemeine Einleitung in die vergleichende Anatomie. In dieselbe Zeit fällt ein Ereignis, daß für Goethes ganze geistige Weiterentwicklung von allerhöchster Bedeutung werden sollte. Im Anschluß an eine naturwissenschaftliche Sitzung kommen Goethe und Schiller ins Gespräch, und eine Diskussion über Goethes Pflanzenmetamorphose bildet den Ausgangspunkt für den Freundschaftsbund, dem die deutsche Literatur so viel verdankt. Das Gespräch selbst, das uns Goethe aufbewahrt hat, ist für die Eigenart der beiden Männer so charakteristisch, daß wir es

später noch eingehender zu erörtern haben werden. Wie die erste Anknüpfung zwischen ihnen auf naturwissenschaftlichem Boden stattfand, so wurde dieser letztere auch in der Folgezeit nicht verlassen, und es erging Schiller selbst so, wie er es weniger als ein Jahrzehnt vorher halb ironischerweise von der Weimarschen Gesellschaft an Körner berichtet hatte. Er geriet allmählich immer mehr in den Bannkreis von Goethes naturwissenschaftlichen Ideen, und der Briefwechsel zwischen Goethe und Schiller, dieses herrliche Denkmal des Gedankenaustausches der beiden Geistesheroen zeigt, wie Schiller allmählich an diesen Forschungen immer mehr Interesse gewann und schließlich sogar selbst Goethe Vorschläge für anzustellende optische Experimente machen konnte. Schiller war in diesem Bund durchaus nicht nur der Nehmende. Von den Dingen, die uns hier interessieren, sei erwähnt, daß Goethe von Schiller mit Nachdruck auf die Kantsche Philosophie hingewiesen wurde. Goethe kam dem Gedankenkreis des Königsberger Philosophen durch das Studium von dessen Werken näher, besonders aber wurde er durch die Lektüre von Schillers Schriften immer wieder auf diese philosophischen Probleme aufmerksam gemacht. Es mag aber gleich hier im Anfang betont werden, daß besonders die Kantsche Erkenntniskritik eine Lehre war, welche Goethes Geist nicht adäquat gewesen ist,

und die er daher nur unvollständig sich assimilieren konnte. Trotz eingehendstem Studium der Kantschen Lehre konnte er sich doch von seinem spinozistischen Standpunkte nicht freimachen. Wir werden später bei der Besprechung der Farbenlehre sehen, daß gerade hier in der Nichtanwendung Kantscher Prinzipien der entscheidende Fehler von Goethes wissenschaftlichen Schlußfolgerungen liegt, und daß es erst Goethes Nachfolgern auf optischem Gebiete, besonders Johannes Müller, gelang, die endgültige Klarheit in das damals noch dunkle und verworrene Gebiet zu bringen.

Die Jahre, in denen Hermann und Dorothea gedichtet wurde, sind ebenfalls reich an naturwissenschaftlicher Betätigung. Goethe wendet sich jetzt der Untersuchung der Metamorphose der Insekten zu, beobachtet die Umwandlung der Raupe zur Puppe und zum Schmetterling, studiert die Bedingungen, durch welche sich dieser Prozeß fördern und hemmen läßt und sammelt wichtige physiologische Beobachtungen an diesen Tieren. Nebenher gehen astronomische Studien. Er verfolgt in seinem Gartenhaus mit dem Teleoskop einen ganzen Monat lang den Wechsel des Mondes und lernt dabei das Bild der Mondoberfläche so gut kennen, daß er in späteren Jahren Schriften über die Gestalt und Natur des Mondes mit eigener Kritik lesen kann. Auch der Saturn wird von ihm beobachtet.

Die Entwicklung der Chemie, welche in jenen Jahren nach Entdeckung des Sauerstoffes entscheidende Fortschritte machte, verfolgt er, und läßt sich besonders durch Buchholz und Professor Göttling in Jena von den neueren Entdeckungen berichten und sich die entscheidenden Experimente vormachen. Gleichzeitig experimentiert er selbst ununterbrochen über Optik, und hat diese Lehre nun schon so weit gefördert, daß er Vorträge darüber halten kann. Überhaupt fühlt er das Bedürfnis, die Naturwissenschaften zu dozieren und hält in den folgenden Jahren Mittwochs Experimentalvorträge für Damen, zu denen sich kurze Notizen und Entwürfe in der Weimarer Ausgabe finden. Hier trägt er über Magnetismus, Elektrizität, über Raum und Materie, Luft, Optik, ja auch über Teile der Chemie vor und seine Aufzeichnungen beweisen, daß er sich bemühte, die wichtigsten Versuche in einfacher und demonstrabler Form seinem Hörerkreise vorzuzeigen. Apparate, deren er sich vermutlich bei diesen Demonstrationen bedient hat, als: Elektrisiermaschinen, Batterien von Leidner Flaschen, Elektroskope u. v. a. befinden sich noch heute im Goethehaus. Auch die Botanik wird in jenen Jahren nicht vernachlässigt. Während er seinen früheren Forschungen hauptsächlich die höheren Pflanzen, die Phanerogamen, zugrunde gelegt hatte, wendet er sich jetzt den Kryptogamen, Moosen, Farnen, Algen usf. zu

und experimentiert über den Einfluß des Lichtes, der Dunkelheit und der verschiedenen Farben auf das Pflanzenwachstum. Besonderes Interesse bringt er in jenen Jahren auch den Heilungsvorgängen entgegen, wie sie sich an abnormem Elfenbein beobachten lassen, das während des Lebens seiner Träger auf irgend eine Weise verletzt worden war. Er stellt eine ganze Sammlung solcher Stücke zusammen, die er beschreibt und aus Dankbarkeit seinem Lehrer Loder schenkt, mit dem sie dann später nach Moskau gewandert sind.

1803 gehen wichtige Veränderungen in der Jenaer Universität vor sich. Nach Loders Weggang wird Ackermann Anatom, Schelver bekommt die Leitung des botanischen Gartens. Dann brausen die Stürme der Napoleonischen Kriege über das Land und auch die Universität Jena hat nach der unglücklichen Schlacht von Jena und Auerstädt 1806 schwer zu leiden. Aber schon 3 Jahre später kommt es unter Goethes besonders tätiger Mitwirkung zu einer völligen Reform der Hochschule. Von Wichtigkeit ist, daß von nun an alle Anstalten und Museen unter einer einheitlichen Leitung vereinigt werden und daß Goethe hiermit betraut wird. Bis dahin war es noch Sitte gewesen, daß jeder Professor sich die Sammlungen und Präparate, die er zu seinen Vorlesungen brauchte, selbst anfertigte und zusammenbrachte. Wurde dann ein

Hochschullehrer an eine andre Universität berufen, so nahm er diese höchst wertvollen Sammlungen mit sich und der Nachfolger mußte von frischem anfangen. Hier hat Goethe entscheidenden Wandel geschaffen. Er bemühte sich und setzte es durch, daß jede einzelne naturwissenschaftliche Anstalt ihr eigenes Museum bekam. Er hat auf Einrichtung und Ausgestaltung dieser Sammlungen große Mühe und Sorgfalt verwendet, selbst wertvolle Zuwendungen gemacht, dafür gesorgt, daß wichtige Funde der Universität Jena zugewiesen wurden und seine ausgedehnten Beziehungen dazu benutzt, um die Jenenser Sammlungen zu bereichern. 1812 wurde dann in Schillers Gartenhaus in Jena die Universitätssternwarte errichtet. So blieb die Hochschule auch in jener Zeit eine der ersten Pflegestätten deutscher Geisteskultur.

In diesen Jahren beschäftigt sich Goethe viel mit Hirnanatomie. Loder hatte ihm früher den Aufbau des Gehirns demonstriert, indem er dieses der Reihe nach in Schnitte zerlegte und beschrieb, was auf diese Weise zu sehen war. Ganz anders faßte Gall, mit dem Goethe im Jahre 1805 in Berührung kam, den Bau dieses Organs auf. Er lernte ihn bei einem Besuch beim Philologen Wolf in Halle kennen und hörte seine Vorträge. Gall, dessen Name in der Gegenwart hauptsächlich durch seine Schädellehre bekannt ist, durch die er versuchte, die geistigen

Eigenschaften eines Menschen aus seiner äußeren Schädelform zu erkennen, besitzt eine weit größere Bedeutung durch seine Forschungen über den Aufbau des Zentralnervensystems. Goethe folgte seinen Ausführungen mit dem größten Interesse, und berichtet, daß Gall die Gehirnanatomie dabei nach vergleichend anatomischen Gesichtspunkten vorgetragen habe, eine Behandlungsweise, welche ihm schon von vornherein sympathisch sein mußte. Auch der Zusammenhang des Gehirns mit dem Rückenmark durch leitende Nervenfaserbahnen wurde schon damals erörtert. So sehen wir also Goethe in den Jahren, in denen er die Wahlverwandtschaften konzipierte und schrieb, fortgesetzt naturwissenschaftliche Bestrebungen verfolgen. Ist doch auch der Titel dieses Romans selbst der Chemie entnommen. Die „Wahlverwandtschaft“ der Schwefelsäure zum Kalk muß dazu dienen, die unwiderstehliche Anziehungskraft, welche zwei Menschen triebartig zueinander hinführt, zu symbolisieren. Alljährlich führte ihn sein Weg in die böhmischen Bäder, und hier wurden mineralogische und geologische Studien mit höchstem Eifer betrieben. Er lernte allmählich die ganze Geologie der Umgebung von Karlsbad, Marienbad und Eger kennen, ordnete und katalogisierte selbst die reichhaltige Sammlung des Mineralienhändlers Müller, publizierte den Katalog und verschaffte dadurch den Gelehrten und

den Museen Gelegenheit, ihre Sammlungen zu vervollständigen. Mineralogische Interessen verbanden ihn ferner mit dem Polizeirat Grüner in Eger und später mit dem Grafen Kaspar Sternberg, mit dem eine ausgiebige mineralogische und botanische Korrespondenz durch Jahre hindurch geführt wurde.

Im Jahre 1810 wurden die optischen Studien zunächst abgeschlossen und die Farbenlehre veröffentlicht. Auch hier wieder wurde Goethe aufs lebhafteste enttäuscht durch die Anfeindungen, die er deswegen von allen Seiten erfuhr. Aber nichtsdestoweniger wandte er sich sofort nachher einem neuen Forschungsgebiet zu. Er ließ den optischen Versuchen solche über eine Tonlehre folgen. Hier ist es zu keiner abgeschlossenen Publikation Goethes gekommen. Er hat die Versuche etwa durch 5 Jahre fortgeführt, und es sind uns Schemata zu einer Tonlehre und Notizen für anzustellende Versuche erhalten. Es sollte die Lehre von der menschlichen Stimme, die Physiologie des Ohres, die Rythmik und der Takt, die Eigenschaften der musikalischen Instrumente, die Zahl- und Maßverhältnisse schwingender Saiten und die Lehre von der musikalischen Harmonie behandelt werden. Diese Tatsachen sind uns deshalb von ganz besonderem Interesse, weil wir etwa 50 Jahre später Helmholtz genau denselben Entwicklungsgang nehmen sehen. Kaum hatte dieser

sein grundlegendes Werk über die physiologische Optik abgeschlossen, so wendete auch er sich der Akustik zu, nur daß Helmholtz seine Forschungen zum Abschluß brachte und in seiner Physiologie der Tonempfindungen die Grundlage für die physiologische Akustik legte. Bei Goethe ruhten übrigens die optischen Versuche nur kurze Zeit. Schon 1813 studierte er die Phänomene, die man damals die entoptischen nannte. Nach der heutigen Ausdrucksweise beschäftigte er sich mit dem Auftreten von Farbenerscheinungen im polarisierten Licht; er untersuchte die optischen Eigenschaften des Kalkspats, des Glimmers, des rasch gekühlten und gepressten Glases u. a. m., Versuche, die ihn fast ein Jahrzehnt in Anspruch nahmen, und über die er dann zusammenfassend berichtet hat. Von Anfang an stand er in lebhaftem Gedankenaustausch hierüber mit dem Physiker Seebeck, der zuerst in Jena, dann in Nürnberg lebte und Goethe dauernd über seine Forschungen und Erfolge auf dem gleichen Gebiete auf dem laufenden erhielt. Seebeck siedelte später nach Berlin über, aber es kam dann zu Meinungsverschiedenheiten zwischen beiden über optische Fragen, die zu einer völligen Entfremdung führten.

Wir nähern uns jetzt wieder einer Periode höchsten dichterischen Schaffens, den Jahren, in welchen der westöstliche Diwan entstand und Goethes Liebe zu Marianne von Willemer so herrliche poetische Werke

zeitigte. Goethe stand damals schon in der zweiten Hälfte der 60er Jahre, aber wir dürfen an diesen Mann nicht den Maßstab des gewöhnlichen Ablaufes des menschlichen Lebens legen. Man braucht nur eines der zahlreichen Bildnisse aus jener Zeit zu betrachten, wie z. B. das herrliche, im Besitz des Freiherrn von Bernus befindliche Brustbild, auf dem Wilhelm von Kügelgen das Aussehen des 60jährigen festgehalten hat, und das auf der deutschen Jahrhundertausstellung zu sehen war: imponierende Züge, frei von jedem Zeichen des Alters, dichtes, dunkles Haar und das gewaltig blitzende Auge zeigen uns an, daß Goethe in jenen Jahren wie ein jugendliches Innere, so auch ein Äußeres, frei von allen Spuren der Jahre besessen hat. So verstehen wir, daß auch die naturwissenschaftlichen Bestrebungen mit unverminderter Kraft fortgeführt wurden, daß Goethe ununterbrochen sich über die Fortschritte auf allen Gebieten auf dem laufenden hielt, und daß er rastlos selbst weiter arbeitete. Wir erfahren, daß zu jener Zeit Döbbereiner ihn in die Stöchiometrie einführen mußte. Diejenigen von Ihnen, welche sich mit Chemie beschäftigt haben, werden wissen, daß die chemischen Körper sich nach ganz bestimmten und gesetzmäßigen Mengenverhältnissen miteinander verbinden. Die damals in ihrem ersten Siegeslauf befindliche Chemie hatte schon diese Gesetze eingehend studiert, und so sehen wir auch Goethe be-

strebt, sich diese Fortschritte anzueignen. Eigene chemische Versuche stellte er in jenen Jahren mit Pflanzenextrakten an, deren Färbung er durch Säure oder Lauge veränderte. Die Weimarer Ausgabe enthält sorgfältige Protokolle über diese ausgedehnten und wichtigen Versuche, in denen Goethe das studierte, was man heute als Indikatoren bezeichnet, d. h. chemische Substanzen, welche durch ihren Farbwechsel anzeigen, wann in einer Lösung saure oder alkalische Reaktion auftritt. — Sehr lebhaft finden wir Goethe auch mit der Witterungskunde beschäftigt. Er hatte schon in früheren Jahren, so z. B. auf der italienischen Reise, Beobachtungen über Wolkenform und Wetter angestellt. Doch erst nach dem Jahre 1815 begann er sich wieder eingehender damit zu befassen, seitdem der Engländer Howard die einfache, noch heute gebrauchte Terminologie der Wolkenformen (Stratus, Cirrus, Cumulus, Nimbus) eingeführt hatte. Er sammelte zahlreiche eigene Beobachtungen, suchte in den schier endlosen Wechsel der Witterungserscheinungen Ordnung zu bringen und bildete sich eigene, sehr merkwürdige theoretische Anschauungen über die Entstehung der Barometerschwankungen. Seiner praktischen Tätigkeit auf diesem Gebiete wird später noch zu gedenken sein. Auch die botanischen Studien ruhten nicht. Er studierte in jenen Jahren eingehend die gleichzeitige wissenschaftliche Literatur und excerpierte sich

aufs gewissenhafteste alle Stellen, welche zu seiner Pflanzenmetamorphose in Beziehung standen. Als eine besonders reiche Fundgrube erwies sich Jägers Werk über die Mißbildung der Gewächse. Alle diese außerordentlich vielfältigen Notizen hat er dann geordnet und in kurzen Abschnitten seiner Pflanzenmetamorphose beigefügt, so daß in seinen Beiträgen zur Morphologie ein stattliches Tatsachenmaterial veröffentlicht werden konnte.

In ähnlicher Weise arbeitete er in diesen und den folgenden Jahren bis zu seinem Tode die Entwicklung der vergleichenden Anatomie nach, machte zahlreiche Auszüge, schrieb Rezensionen, welche aber z. T. den Wert von selbständigen wissenschaftlichen Leistungen besaßen, regte Untersuchungen andrer an und blieb so stets auf der Höhe auch dieses Zweiges der Wissenschaft. Besonderes Interesse wandte er auch den fossilen Tierformen zu. Es wurden damals in Süddeutschland und im Herzogtum Weimar Überreste vom Mammut und von fossilen Stieren gefunden. Er interessierte sich lebhaft für diese Funde, würdigte in kleineren Aufsätzen deren Bedeutung für die vergleichende Anatomie und sorgte für gute Aufstellungen in den Sammlungen.

Die Jahre 1817—1824 sind für Goethes naturwissenschaftliche Tätigkeit besonders ergiebig. Er ließ damals die Bände: „Zur Naturwissenschaft" und „Zur Morphologie" in Einzelheften erscheinen, in

denen er seine botanischen, anatomischen, mineralogisch-geologischen und allgemein-naturwissenschaftlichen Aufsätze, sowie einiges Optische, zusammengefaßt veröffentlichte. Dadurch wurde er veranlaßt, seine aus früheren Jahren fertig daliegenden Manuskripte vielfach zu erweitern; er hat aber auch in jenen Jahren eine Fülle von Arbeiten neu geschrieben und auf diese Weise manche jahrzehntelang fortgeführte Untersuchungen und Gedankenreihen zum Abschluß gebracht. Auch einige kürzere Aufsätze von befreundeten Gelehrten: Seebeck, d'Alton, Carus, Nees van Esenbeck u. a. sind in jenen Heften erschienen. Eine eingehende Rezension dieser Veröffentlichungen ist in der Jenaischen allgemeinen Literaturzeitung, Juni 1823, erschienen, die größtenteils von Nees van Esenbeck, in den mineralogischen Abschnitten von Nöggerath, herrührt, und deren sehr anerkennende Fassung Goethe hoch erfreut hat: „es kam augenblicklich der Friede Gottes über mich, der, mich mit mir selbst und der Welt ins Gleiche zu setzen, sanft und kräftig genug war". Zur Beurteilung, wie Goethes Schriften auf die Zeitgenossen gewirkt haben, ist jene Rezension sehr wichtig.

Inmitten dieser Tätigkeit überschritt Goethe die Schwelle des siebenten Lebensjahrzehntes, und nun beginnt er auf allen Gebieten die Früchte dessen zu ernten, was er selbst in früheren Jahren gesäet

hatte. Seine anatomischen Untersuchungen waren schon längst anerkannt worden. Jetzt wird auch seine erste wissenschaftliche Abhandlung über den Zwischenkiefer in den Akten der kaiserlich leopoldinisch-karolinischen Akademie der Naturforscher mit allen Kupfertafeln abgedruckt. Der Widerstand der Botaniker gegenüber der Pflanzenmetamorphose hatte ebenfalls aufgehört, und die wissenschaftliche Botanik der damaligen Zeit wandelte nunmehr in Fortschritt und Irrtum auf Goetheschen Bahnen. Nun aber kamen auch die so lange schmerzlich vermißten ersten Erfolge seiner Farbenlehre. Freilich die Physiker blieben, bis auf wenige Ausnahmen, feindlich, aber von physiologischer Seite wurde das grundlegende von Goethes Werk erkannt und noch zu Goethes Lebzeiten in glücklicher Weise fortgebildet. Purkinjes „Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjektiver Hinsicht" knüpft direkt an seine Farbenlehre an, und 1826 erscheint Johannes Müllers „Vergleichende Physiologie des Gesichtssinns", in welcher in unmittelbarem Anschluß an Goethes Farbenlehre die moderne Sinnesphysiologie begründet und das Gesetz von der spezifischen Sinnesenergie aufgestellt wird. So sah Goethe in diesen Jahren die Erfolge seiner wissenschaftlichen Tätigkeit heranreifen. Wenn auch noch mancher Stachel früherer Verbitterung zurückblieb, so überwiegt doch jetzt in diesen Jahren die Freude über den Erfolg. Schon

1807 hatte ihm A. von Humboldt seine „Ideen zu einer Geographie der Pflanzen“ mit einem von Thorwaldsen gezeichneten Widmungsblatte zugeeignet — der Genius der Poesie, Apoll, lüftet den Schleier der Göttin der Natur — „durch welches angedeutet werden sollte, daß es auch dem Dichter gelingen könne, den Schleier der Natur zu heben“. Eine Reproduktion dieses schwer zugänglichen Stiches findet sich am Eingang dieses Buches. Jetzt breitet sich Goethes naturwissenschaftliche Korrespondenz fast über alle zivilisierten Länder aus. Von allen Seiten strömen die Anerkennungen. Gebend und empfangend nimmt er Anteil an der Fortentwicklung aller der zahlreichen Gebiete, auf denen er selbst gearbeitet hat. Erstaunlich sind die vielseitigen Interessen, welche in dieser naturwissenschaftlichen Korrespondenz berührt werden. Ein schönes Denkmal der Empfindungen des alten Goethe den jungen Mit- und Nacharbeitern gegenüber findet sich in einem Brief, in dem er dem Grafen Sternberg über Carus' Werk von den Ur-Teilen des Knochen- und Schalengerüstes der Tiere berichtet. Hier schreibt er die oft zitierten Worte: „Ein alter Schiffer, der sein ganzes Leben auf dem Ozean der Natur mit Hin- und Widerfahren von Insel zu Insel zugebracht, die seltsamsten Wundergestalten in allen drei Elementen beobachtet, und ihre geheim-gemeinsamen Bildungsgesetze geahnt hat, aber auf sein notwen-

digstes Ruder-, Segel- und Steuergeschäft aufmerksam, sich den anlockenden Betrachtungen nicht widmen konnte, der erfährt und schaut nun zuletzt: daß der unermeßliche Abgrund durchforscht, die aus dem Einfachsten ins Unendliche vermannigfaltigten Gestalten in ihren Bezügen ans Tageslicht gehoben und ein so großes und unglaubliches Geschäft wirklich getan sei. Wie sehr findet er Ursache verwundernd sich zu erfreuen, daß seine Sehnsucht verwirklicht und sein Hoffen über allen Wunsch erfüllt worden."

Und noch als Achtzigjähriger setzt er die naturwissenschaftlichen Bestrebungen fort. Den Verhandlungen der Versammlungen deutscher Naturforscher und Ärzte, 1827 in München und 1828 in Berlin, widmet er das größte Interesse, um so mehr, als hier botanische Probleme zur Sprache kamen, die an seine Planzenmetamorphose anknüpften. In jenen Jahren hatten der Münchner Botaniker v. Martius und dessen Schüler, der später berühmt gewordene Alexander Braun, Untersuchungen über die Anordnung der Blätter und Sprosse an den Pflanzen angestellt und waren zu einfachen Regeln über die Blattstellung gelangt. Sofort nahm Goethe diesen Fortschritt auf und versuchte in seinem letzen botanischen Aufsatz über die Spiraltendenz der Vegetation die neueren Tatsachen mit seiner Lehre in Einklang zu bringen. Aufs lebhafteste beschäftigte ihn aber ein Ereignis, das er direkt als ein Zeichen

für das endliche Durchdringen seiner eigenen vor Jahrzehnten ausgesprochenen Ideen ansah. Damals brach im Schoße der Pariser Akademie jener berühmte Streit zwischen Cuvier und Geoffroy St. Hilaire aus, in der die alte und die neue Richtung in der vergleichenden Anatomie aufeinander platzten. Damals siegte noch Cuvier, der mit seiner ganzen Autorität die ältere Lehre vertrat. Der 82jährige Goethe griff aber von neuem zur Feder und wies seine Landsleute auf dieses bedeutende wissenschaftliche Schauspiel hin. Er stellte sich dabei rückhaltslos auf die Seite Geoffroy St. Hilaires. Mit Rührung liest man aus seinen mit höchster Klarheit geschriebenen Sätzen den Stolz heraus, mit dem er sich selbst als den Vater der hier kämpfenden Ideen fühlte. Das war das letzte was Goethe geschrieben hat. Kurze Zeit darauf endete ein Leben, das voll von den höchsten Erfolgen, aber auch voll von Mühe und Arbeit gewesen war.

Fast 60 Jahre hindurch hat Goethe ohne Unterbrechung aufs emsigste auf allen Gebieten der Natur geforscht. Keines der Resultate ist ihm mühelos zugefallen. Wenn man die Gesamtheit dessen überblickt, was er geleistet hat, so sieht man, daß Goethe der letzte naturwissenschaftliche Polyhistor gewesen ist, der noch die Gesamtheit der Natur in seinem Geiste umfaßte. Wenige Jahrzehnte später war es schon fast unmöglich, daß ein

einzelner Mensch Teilgebiete, wie etwa Virchow die Medizin, umfassen konnte.

Wie Goethe seinen ganzen Lebensgang als mit der Naturwissenschaft verwachsen ansah, dafür mögen zum Schluß noch seine eigenen Worte angeführt werden: „So ruhen meine Naturstudien auf der reinen Basis des Erlebten; wer kann mir nehmen, daß ich 1749 geboren bin, daß ich (um vieles zu überspringen) mich aus Erxlebens Naturlehre 1. Ausgabe treulich unterrichtet, daß ich den Zuwachs der übrigen Editionen, die sich durch Lichtenbergs Aufmerksamkeit gränzenlos anhäuften, nicht etwa im Druck zuerst gesehen, sondern jede neue Entdeckung im Fortschreiten sogleich vernommen und erfahren; daß ich Schritt für Schritt folgend, die großen Entdeckungen der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts bis auf den heutigen Tag wie einen Wunderstern nach dem andern vor mir aufgehen sehe. Wer kann mir die heimliche Freude nehmen, wenn ich mir bewußt bin, durch fortwährendes aufmerksames Bestreben mancher großen weltüberraschenden Entdeckung selbst so nahe gekommen zu sein [1]), daß ihre Erscheinung gleichsam aus meinem eigenen Innern hervorbrach und ich nun die wenigen

[1]) So z. B. 1783 der Entdeckung des Luftballons. Vgl. Naturwissenschaftlicher Entwicklungsgang: „Die Luftballone werden entdeckt. Wie nah ich dieser Entdeckung gewesen. Einiger Verdruß, es nicht selbst entdeckt zu haben. Baldige Tröstung."

Schritte klar vor mir liegen sah, welche zu wagen ich in düsterer Forschung versäumt hatte.“

Wir wissen jetzt, daß Goethe nicht nur einzelnen Entdeckungen, wie er schreibt, sehr nahe gekommen ist, sondern daß er eine Reihe von grundlegenden Naturerkenntnissen selbst zutage gefördert hat.

Dritte Vorlesung.

Die botanischen Arbeiten I.

Meine Herrn! Wir haben in der letzten Vorlesung den Lebensgang des Naturforschers Goethe kennen gelernt und wollen nun dazu übergehen, seine einzelnen Forschungsgebiete gesondert zu besprechen und das von ihm Geleistete eingehender zu würdigen. Wir beginnen dabei mit seinen Arbeiten auf dem Gebiet der organischen Naturwissenschaften, zunächst der Zoologie und Botanik. Goethe hat die hierher gehörigen Schriften nach dem Jahre 1817 zusammenfassend veröffentlicht in seinen Heften „zur Morphologie“. Dieses Wort stammt von Goethe und bezeichnet auch heute noch denjenigen Zweig des Wissens, für den er ihn geprägt hat. Als Motto ist diesen Heften ein Spruch aus Hiob vorangesetzt: „Siehe er geht vor mir über ehe ich's gewahr werde, und verwandelt sich ehe ich's merke.“ Aufs Verwandeln ist dabei der größte Nachdruck zu legen, und Goethe definiert selbst die Morphologie durch den von ihm gewählten Untertitel: Bildung und Umbildung organischer Naturen. Zeitlich haben auf diesem

Gebiete Goethes vergleichend anatomische Untersuchungen zuerst zu einem wichtigen Resultate geführt. Wir aber wollen mit den botanischen Studien beginnen, weil hier die Probleme einfacher liegen, und wir daher leichter eine Vorstellung davon gewinnen können, wie Goethe die Morphologie auffaßte und wie er Bildung und Umbildung organischer Naturen zu erforschen suchte.

Als Goethe seine botanischen Studien begann, herrschte auf diesem Gebiete als Alleinherrscher Linné. Während man noch im 17. Jahrhundert über Anatomie und Physiologie der Pflanzen manche wertvolle Untersuchungen angestellt und auch den Pflanzenbau mikroskopisch studiert hatte, waren alle diese Bestrebungen durch Linnés Einfluß vollständig unterbrochen worden. Er hatte die Mikroskopiker und Physiologen geradezu als Dilettanten bezeichnet, und so kommt es, daß bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts das Interesse der damaligen Botaniker sich fast ausschließlich der Systematik zuwandte. Linné brachte die Bestrebungen seiner Vorgänger, zu einer brauchbaren Einteilung des gesamten Pflanzenreichs zu kommen, zu einem vorläufigen Abschluß. Sein System gehört zu den sogenannten künstlichen, d. h. es wird das gesamte Pflanzenreich nach einzelnen äußeren Merkmalen eingeteilt. Linné benutzte dazu die Anordnung und Zahl der Staubwerkzeuge und Griffel und gelangte auf diese Weise dazu, ein bis

ins feinste durchgearbeitetes System zu liefern, in das sich alle Pflanzenformen ohne großen Zwang einreihen ließen. Linné selber, und seine nächsten Nachfolger sahen nun die Anwendung und Durchführung dieses Systems als die Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Botanik an. Linné erklärte geradezu denjenigen für den besten Botaniker, der die meisten Arten kennen und unterscheiden gelernt habe.

Das war der Zustand der Botanik, als Goethe sich mit ihr zu beschäftigen begann. Wie schon erzählt wurde, hatte er als Student botanische Vorlesungen gehört, aber sein eigentliches Interesse für die Pflanzenwelt wurde erst in Weimar wach, als er auf der Jagd in nähere Berührung mit Wäldern und Wiesen kam und sich als leitender Minister unter der Mitwirkung von Skell und v. Wedel mit Forstkultur zu beschäftigen hatte. So studierte er das Wachstum der Bäume, Moose und Wurzeln in der freien Natur, wie immer die praktischen Bedürfnisse zum Ausgang nehmend. Er hat uns überliefert, daß das Geschlecht der Enziane deshalb sein besonderes Interesse erregt hat, weil aus seinen Wurzeln sich so heilsame und so wohlschmeckende Tränke bereiten ließen. Praktische Erfahrungen sammelte er auch, als er im eigenen Garten, den ihm 1776 der Herzog schenkte, selbst eifrig zu pflanzen begann. Weitere Fortschritte in der Botanik brachte der Verkehr mit Buchholz, der in seinem

Apothekergarten die offizinellen Gewächse und neue seltene Pflanzen zog. Sobald Karl Augusts naturwissenschaftliche Interessen wach geworden waren, äußerten sie sich unter andrem auch in der Anlage größerer Gärten bei Weimar und Jena. Alle diese botanischen Studien wurden unter den Gesichtspunkten Linnés vorgenommen. Goethe führte die Linnéschen Schriften auf seinen Exkursionen bei sich und bemühte sich redlich, alles was er fand, mit größter Gewissenhaftigkeit nach dem Linnéschen System zu bestimmen. Dabei fand er Unterstützung durch die Botaniker in Jena, mit denen er in näheren Verkehr trat. So kam er auch in Berührung mit einer interessanten Familie in der Nähe von Jena. Die Dietrichs in Ziegenhain hatten schon seit mehreren Generationen das Privileg ausgeübt, für die botanischen Vorlesungen das Demonstrationsmaterial zu besorgen, die Studenten mit den in der Vorlesung zu besprechenden Pflanzen zu versehen. In jenen Jahren, wo Goethes botanische Neigungen erwachten, war besonders ein junger Sohn hierbei tätig und dieser hatte sich im Laufe der Jahre eine ganz umfassende Kenntnis der Flora des Jenenser Gebietes zugelegt. Das ging so weit, daß der einfache Bauernjunge schließlich alle Pflanzen nicht nur mit ihren deutschen, sondern auch mit ihren lateinischen Namen nach dem Linnéschen System zu bezeichnen wußte. Goethe nahm nun diesen

jungen Dietrich mit sich nach Karlsbad. Er schildert uns aufs Anschaulichste, wie er in seinem Reisewagen durch die Landschaft fährt und der junge Mann, nebenher gehend, alle interessanten Pflanzen und Blumen am Wege sammelt und ihm mit der richtigen lateinischen Bezeichnung in den Wagen reicht. In Karlsbad wird diese Tätigkeit fortgesetzt. Des Morgens, wenn die Kurgäste sich am Brunnen versammeln, hat Dietrich gewöhnlich schon einen ganzen Strauß von Pflanzen gesucht. Nach kurzer Zeit nimmt die ganze Brunnengesellschaft an Goethes Bestrebungen teil, und es wird nun eifrig von allen Seiten botanisiert. Dietrich hat nachher den Doktorgrad erworben und ist als großherzoglicher Gartendirektor in Eisenach gestorben.

Kam so Goethe allmählich in die praktische Anwendung des botanischen Systems hinein, so blieben ihm auch theoretische Arbeiten nicht fremd. Das Linnésche System war wie erwähnt ein künstliches, in dem ein einzelnes Merkmal der Pflanzen zur Unterscheidung benutzt wurde. Schon Linné hatte demgegenüber die Notwendigkeit eines natürlichen Systems betont, in welchem die Gruppierung der Pflanzen nach der Gesamtheit ihrer Eigenschaften vorgenommen wird, wobei also die Gruppen des Systems den natürlichen Pflanzengruppen möglichst entsprechen. Diese Bestrebungen waren von fran-

zösischen Botanikern zunächst fortgesetzt. Von Goethes Bekannten bemühte sich Doktor Batsch ein solches natürliches Pflanzensystem aufzustellen. Ähnliche Versuche machte damals Hofrat Büttner in Jena, ein Sonderling und Polyhistor, mit dem Goethe noch in vielfache Berührung kam. An diesen Arbeiten nahm unser Dichter nun den allerlebhaftesten Anteil und konnte sich so ein eigenes Urteil über Wert oder Unwert dieser und andrer Systeme bilden. In diesen Jahren las er auch die botanischen Schriften eines andern Dichters, Jean Jacques Rousseaus, der bei seinem Bestreben, sich an die Natur anzuschließen, auf das Studium der Pflanzenwelt gekommen war. Auch diesen Schriften verdankt Goethe nach seiner Angabe manche Anregungen.

Je weiter er nun in der Kenntnis der Botanik fortschritt, desto größere Bedenken kamen ihm gegen die Anwendung des Linnéschen Systems. Zunächst eine technische Schwierigkeit. Es erwies sich für ihn als vollkommen unmöglich, die komplizierte Terminologie vollständig zu beherrschen. Es ist bekannt, welches vorzügliche Gedächtnis Goethe besessen hat, und welche Fülle von Tatsachen er in seinem Geiste bewahrte, um sie im Bedarfsfall hervorholen zu können. Das waren aber alles Dinge, die irgend welchen Bezug für ihn hatten. Dagegen die einfach äußerliche Terminologie des

Systems, bei der sich nichts denken und vorstellen ließ, hat er nicht auswendig lernen können. So war er denn im Linnéschen Sinne kein guter Botaniker. Dazu kam aber noch ein schwerwiegender sachlicher Einwand. Linné hatte gelehrt und alle folgenden hatten ihm darin beigepflichtet, daß die verschiedenen Arten seines Systems unabänderlich seit der Schöpfung bestehende, in sich abgeschlossene und durch keine Übergänge vermittelte Gruppen von Pflanzen seien. Goethe wurde durch seine Beobachtungen dagegen zu andren Anschauungen geführt. Er konnte allerdings feststellen und er hat das späterhin noch des Näheren ausgeführt, daß es einzelne Geschlechter, wie die Gentianen, gibt, bei denen jedes Pflanzenindividuum immer wieder genau dieselben äußeren Merkmale besitzt, so daß über seine Zugehörigkeit zu einer der Linnéschen Arten kein Zweifel bestehen kann. Daneben aber gibt es Pflanzengruppen, wie z. B. die Rosen, die man nach Goethe als charakterlose bezeichnen kann, weil die einzelnen Individuen bei ihnen außerordentlich große Abweichungen zum Teil auch in den entscheidenden Merkmalen voneinander zeigen, so daß es ganz unmöglich ist, festzustellen, zu welcher Art gerade dieses Einzelindividuum gehört. Goethe findet also schon damals, daß zwischen den abgeschlossenen Linnéschen Arten alle möglichen Übergänge vorkommen können. Er findet eine

außerordentlich große Variabilität bei einzelnen Pflanzenspezies. Dadurch mußte natürlich sein Glaube an die Möglichkeit erschüttert werden, überhaupt fest begrenzte, unveränderliche Arten bei den Pflanzen unterscheiden zu können.

Dazu kam nun noch etwas Weiteres. Während die damaligen Botaniker in der Mehrzahl eine Wissenschaft des Herbariums trieben, d. h. die Pflanzen losgelöst von der Natur bestimmten und aufbewahrten, studierte Goethe ihr Wachstum unter freiem Himmel. Hier drängte sich ihm immer mehr die Erkenntnis auf, daß die Ausbildung der äußeren Form einer bestimmten Pflanze wesentlich mit bedingt werde durch äußere Einflüsse. Er fand, daß ein und dieselbe Art im Tiefland und auf der Höhe des Gebirges, des Harzes, Thüringer Waldes oder der Alpen, ein ganz verschiedenes Aussehen hatte. Er beobachtete, daß eine Pflanze wesentlich andere Wuchsformen zeigte, je nachdem sie im Schatten oder an einer sonnigen Stelle stand. Er fand eine starke Abhängigkeit des Pflanzenwachstums von der Bewässerung, von der Wärme, dem Klima, von Frostschäden u. v. a. Durch fortgesetzte Beobachtung wurde es ihm allmählich klar, daß durch diesen Wechsel der äußeren Bedingungen sich Varietäten der einzelnen Pflanzenarten schaffen ließen. Er wurde also immer mehr dazu gedrängt, die Unveränderlichkeit der Linnéschen Pflanzenspezies nicht mehr anzuerkennen.

Das war der Stand seiner botanischen Studien, als er den engen Verhältnissen in Weimar entfloh und sich südwärts nach Italien wandte. Wenn er nun in diesem Lande die endgültigen Fortschritte seiner Erkenntnis des Pflanzenwachstums gewann, so ist dabei nicht zu vergessen, daß ein zehnjähriges genaues Studium in der Heimat vorherging, durch das er die Pflanzenwelt kennen gelernt hatte und durch das er schon seit längerer Zeit den Linnéschen Lehren allmählich entfremdet worden war. „Das Gewahrwerden der wesentlichen Form, mit der die Natur gleichsam nur immer spielt und spielend das mannigfaltige Leben hervorbringt," wie er kurz vor der Reise an Frau von Stein schreibt, sollte ihm nun gelingen.

Wie Goethe nun über den Brenner nach Norditalien herabsteigt, tut sich in überwältigender Fülle eine ganz neuartige Vegetation vor seinen Augen auf; er selbst schildert uns, daß dieser Eindruck am gewaltigsten beim Besuch des botanischen Gartens in Padua auf ihn gewirkt habe. Hier sah er eine Pflanzenpracht und einen Blumenflor, wie er ihn in der Heimat niemals erblickt hatte, und es gewann so der schon im Norden, wie wir wissen, allmählich entstandene Gedanke, daß das Pflanzenwachstum von äußeren Einflüssen abhängig sei, in Padua die endgültige Gewißheit. Hier war unter den veränderten Bedingungen des Klimas, der süd-

lichen Sonne und der milderen Winter eine ganz andere Flora entstanden, als sie im rauhen Norden wuchs. Dazu kam nun noch eine zweite Beobachtung, die er in Padua machte. An einer Fächerpalme, die im botanischen Garten stand, konnte er sehen, daß die Blätter von verschiedener Ausbildung ihrer Form waren. Von der einfachsten Blattgestalt bis zum vollentwickelten komplizierten Fächerblatt waren eine ganze Reihe von Übergängen vorhanden. Goethe ließ sie sich vom Gärtner abschneiden und bewahrte sie auf als Beweisstücke für die allmähliche Entwicklung der komplizierten Blattform bei ein und derselben Pflanze. Die Palme stand gleichzeitig in Blüte. Aber daß sich auch die Blume ebenso in den Kreis dieser Betrachtungen einbeziehen ließ, war ein Gedanke, der Goethe hier noch nicht gekommen ist. So gewann er gleich bei seinem Eintritt in Italien die sichere Erkenntnis, daß die Pflanzenteile sich unter verschiedenen äußeren Bedingungen verschieden ausbilden können, und daß es auf diese Weise zur Entstehung verschiedener Formen kommen könne. Er gewann aber gleichzeitig die Einsicht, daß es möglich sein müsse, auch die allerverschiedensten Pflanzenarten untereinander zu vergleichen und dadurch zu einer einheitlichen Auffassung der Pflanzengestalt zu gelangen. Um dies durchzuführen, suchte Goethe zunächst eine möglichst einfache Pflanzenform zu finden, die so ele-

mentar gebaut sei, daß man alle andern Wuchsformen auf sie zurückführen könne. Er suchte eine „Urpflanze“. Da uns dieser Ausdruck hier zum ersten Male entgegentritt, wollen wir uns klar machen, was Goethe darunter verstanden hat. Er suchte nämlich nicht eine Pflanze, von der alle andern abstammen sollten, in dem Sinne, wie man heute davon spricht, daß der Mensch vom Affen abstamme, sondern er suchte nur eine möglichst übersichtliche, einfache und primitiv konstruierte Pflanze, bei der sich die Art ihres Aufbaues durch die bloße Anschauung ohne weiteres erkennen ließ, und auf die er dann die Bauart aller übrigen Pflanzen, mochte sie auch noch so kompliziert und unübersichtlich sein, schließlich durch Vergleichung zurückführen konnte. Diese Idee begleitete ihn nun auf seiner Wanderung durch die italienische Halbinsel und sie tauchte in konkreter Gestalt wieder auf, als er auf dem südlichsten Punkt seiner Reise, in Palermo, angelangt war. Hier suchte er den Plan einer Nausikaa, zu der uns einzelne ausgearbeitete Szenen erhalten sind, weiter auszuführen und ging zu diesem Zwecke in den öffentlichen Garten: „Die vielen Pflanzen, die ich sonst nur in Kübeln und Töpfen, ja die größte Zeit des Jahres nur hinter Glasfenstern zu sehen gewohnt war, stehen hier froh und frisch unter freiem Himmel, und indem sie ihre Bestimmung vollkommen erfüllen, werden sie uns deutlicher. Im

Angesicht so vielerlei neuen und erneuten Gebildes, fiel mir die alte Grille wieder ein, ob ich nicht unter dieser Schar die Urpflanze entdecken könnte? Eine solche muß es denn doch geben: woran würde ich sonst erkennen, daß dieses oder jenes Gebilde eine Pflanze sei, wenn sie nicht alle nach Einem Muster gebildet wären? — Ich bemühte mich, zu untersuchen, worin denn die vielen abweichenden Gestalten voneinander unterschieden seien. Und ich fand sie immer mehr ähnlich als verschieden, und wollte ich meine botanische Terminologie anbringen, so ging das wohl, aber es fruchtete nicht, es machte mich unruhig, ohne daß es mir weiter half. Gestört war mein guter poetischer Vorsatz; der Garten des Alcinous war verschwunden, ein Weltgarten hatte sich aufgethan. Warum sind wir Neueren doch so zerstreut! Warum gereizt zu Forderungen, die wir nicht erreichen noch erfüllen können!“ Von nun an lassen ihn die botanischen Gedanken nicht mehr los. Noch in Sizilien findet er, daß man das Rätsel dadurch lösen könne, daß man alle Pflanzenteile als ursprünglich identisch ansieht. Nun sucht er die Urpflanze nicht mehr in der Natur, sondern sie ist ihm jetzt nur noch ein Schema, auf das er alle in der Natur vorkommenden Pflanzenformen ohne Zwang beziehen kann. Vier Wochen später, am 17. Mai 1787, ist er bereits so weit, daß er von Neapel an Herder schreibt: „Die Urpflanze wird das

wunderlichste Geschöpf von der Welt, um welches mich die Natur selbst beneiden soll. Mit diesem Modell und dem Schlüssel dazu kann man alsdann noch Pflanzen ins Unendliche erfinden, die konsequent sein müssen, das heißt, die, wenn sie auch nicht existieren, doch existieren könnten, und nicht etwa mahlerische oder dichterische Schatten und Scheine sind, sondern eine innerliche Wahrheit und Nothwendigkeit haben. Dasselbe Gesetz wird sich auf alles übrige Lebendige anwenden lassen." Jetzt glaubt er also, die endgültige Verallgemeinerung gefunden zu haben, und ist sich darüber klar, daß sich dieselbe dann auch auf das Tierreich übertragen lassen müsse. In der Weimarer Goetheausgabe sind zum ersten Male die botanischen Notizen und Beobachtungen abgedruckt, welche Goethe auf der italienischen Reise gesammelt hat. Hier findet sich mitten unter einer Reihe andrer Notizen plötzlich bemerkt: „Hypothese Alles ist Blat. und durch diese Einfachheit wird die größte Mannigfaltigkeit möglich." Das ist die entscheidende Konzeption und alles fernere, was Goethe noch in Italien und Deutschland zur Pflanzenmetamorphose geforscht hat, ist nur Ausführung dieses einen Gedankens.

Man bezeichnet diejenige Stelle, wo ein Blatt aus der Achse (dem Stamm, dem Zweig oder dem Stengel) der Pflanze hervorsprießt, als Knoten, und wenn Goethe nun alle Seitenteile der Pflanze mit

Ausnahme der Achse als Blatt oder blattähnliches Gebilde ansieht, so kann er diese Regel auch mit den Worten zusammenfassen: „von Knoten zu Knoten ist der ganze Kreis der Pflanze im wesentlichen geendet". Er betrachtet von nun an die Pflanze als aufgebaut aus lauter Teilstücken, welche ein Stück der Achse von einem Knoten bis zum nächsten, und die aus diesem Knoten entspringenden blattähnlichen Gebilde tragen. So ist für ihn das entscheidende Gesetz jetzt klar geworden und er kann schreiben: „Ferner glaubte ich (in Italien) der Natur abgemerkt zu haben, wie sie gesetzlich zu Werke gehe, um lebendiges Gebild als Muster alles künstlichen hervorzubringen." Sein „Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären", beruht für ihn darauf, „die mannigfaltigen Erscheinungen des herrlichen Weltgartens auf ein allgemeines einfaches Prinzip zurückzuführen".

Aus dem Süden Italiens kehrt er nach Rom zurück und benutzt seinen zweiten Aufenthalt in der ewigen Stadt, um die gewonnene Erkenntnis nach Möglichkeit zu vertiefen. Es ist Goethe besonders von Botanikern zum Vorwurf gemacht worden, daß seine Lehre von der Pflanzenmetamorphose im wesentlichen auf die Betrachtung der fertigen Pflanze basiert sei und nicht die Entstehung der Pflanzenform berücksichtige. Das ist insofern richtig, als er allerdings nur wenige mikroskopische Unter-

suchungen angestellt hat, aber die jetzt veröffentlichten Papiere aus Italien und der nachfolgenden Weimarer Zeit beweisen aufs schlagendste, daß er der Entwicklung der Pflanzenform aus den einfachsten Anfängen eingehende Aufmerksamkeit geschenkt hat. Schon in Rom sehen wir ihn zahlreiche Beobachtungen über das Keimen von Samen machen, und er verfolgt das Auswachsen der kleinen Pflänzchen bis zur Ausbildung ihrer entschiedenen Form. In Rom und Weimar hat er Notizen und Zeichnungen gemacht von der Keimung des Mais, der Bohne, des Kürbis, der Wicke, des Nasturtium, der Pinie, Dattelpalme, ja selbst des Kaktus, und gewann so einen umfassenden Einblick nicht nur in die endgültige Pflanzenform, sondern auch in deren allmähliche Entstehung. Diese entwicklungsgeschichtlichen Studien sind auch für seine spätere Darstellung der Pflanzenmetamorphose mit maßgebend gewesen. Auf andere Untersuchungen wurde er von dem in Rom lebenden Deutschen Reiffenstein hingewiesen. Dieser verfocht die These, daß eigentlich jeder abgeschnittene Pflanzenteil, in die Erde gesteckt, Wurzel schlage und weiter wachse. Er und Goethe stellten außerordentlich zahlreiche Versuche hierüber an und konnten sich in der Tat von der Möglichkeit überzeugen, sehr viele Pflanzen durch Stecklinge weiter zu züchten. Für Goethe resultierte daraus eine erweiterte Kenntnis von der Wachstumsfähigkeit der

einzelnen Teile. Auch abnorm ausgebildete Pflanzen wurden studiert und gezeichnet. Die Beobachtung der später zu erwähnenden durchgewachsenen Nelken fällt in diese Zeit. So gewinnen seine Anschauungen an Umfang und Tiefe. Sein „Pflanzensystem" rundet sich immer mehr ab. Im Anschluß an den Versuch, seinem Freunde Moritz die neuen Ideen zu dozieren, werden die ersten zusammenhängenden Aufzeichnungen in Rom gemacht.

Dann kehrte Goethe nach Deutschland zurück. Aber es dauerte noch über zwei Jahre, bis die botanischen Entdeckungen, die er in Italien gemacht hatte, so weit gereift waren, daß er sie für publikationsfähig hielt. Es wurden noch vielfach Einzelbeobachtungen angestellt, Notizen gesammelt, Zeichnungen angefertigt und das Ganze immer und immer wieder durchdacht bis zur ausführlicheren schriftlichen Formulierung geschritten wurde. Aber auch hier blieb es nicht bei der ersten Form, mannigfach wurde umgeschrieben, Hypothesen wurden aufgestellt und verworfen, bis endlich die Pflanzenmetamorphose die uns heute überlieferte Gestalt erhielt. 1790 erschien dann: „J. W. v. Goethe Herzoglich Sachsen-Weimarischen Geheimrats Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären"; ein Heft von 86 Seiten, das die Resultate von Goethes Forschungen enthielt. Wir sehen aus der Vorgeschichte dieses Werkchens, daß Goethe recht hatte, wenn er

schrieb: „Nicht also durch eine außerordentliche Gabe des Geistes, nicht durch eine momentane Inspiration, noch unvermutet und auf einmal, sondern durch ein folgerechtes Bemühen bin ich endlich zu einem so erfreulichen Resultate gelangt.“

Wir wollen jetzt den Inhalt von Goethes Abhandlung kurz entwickeln, um dann später ihre Bedeutung besser würdigen zu können. Die These, welche bewiesen werden soll, ist, daß alle Pflanzenteile außer dem Stamm (der Achse) als umgewandelte Blätter anzusehen sind. Der Gegenstand, auf den sich dieser Goethesche Satz bezieht, sind nicht die niedern Pflanzen (Kryptogamen), sondern nur die Phanerogamen, also die Blütenpflanzen im eigentlichen Sinn, und auch bei diesen handelt es sich für Goethe im wesentlichen nur um die oberirdischen Pflanzenteile. Die Wurzel fällt fast ganz aus dem Kreis seiner Betrachtungen heraus. Die Methode, mit der er nun alle Seitenorgane der Pflanze als umgewandelte Blätter nachweist, beruht darauf, daß er überall Übergänge zwischen den ausgebildeteren Laubblättern und den andern Seitenorganen aufdeckt, und zwar findet er solche Übergangsformen zunächst bei normalen Pflanzen (normale Metamorphose), dann aber auch zweitens bei abnormen, ja sogar bei pathologischen Wuchsformen, wie sie in der Natur vorkommen, oder durch künstliche Züchtung erzielt werden, (unregelmäßige oder regressive

Metamorphose) und drittens bei Pflanzen, die durch äußere Ursachen, z. B. Insektenstiche, verändert worden sind (zufällige Metamorphose).

Goethes Darstellung beginnt mit den Keimblättern, den Kotyledonen. Er findet diese in der Ein- oder Zweizahl von den verschiedensten Formen, kann sie aber alle in eine Reihe ordnen, so daß von der ungestaltetsten abenteuerlichsten Form bis zur einfachen blattähnlichen alle Übergänge vorhanden sind. Er findet weiter, daß die Keimblätter beim weiteren Wachsen der Pflanze allmählich immer mehr eine blattähnliche Form und grüne Farbe gewinnen; sie bleiben aber stets einfacher gestaltet wie die vollausgebildeten Blätter. Diesen wendet sich nun der Autor zu und weist darauf hin, daß beim Wachstum vieler Pflanzen zuerst nach den Kotyledonen Blätter hervorsprossen, welche noch relativ einfach gebaut sind, keinen Stiel haben, einen ungezackten Rand besitzen usw. Je mehr die Pflanze wächst, desto mehr Blätter werden produziert und diese werden bei zahlreichen Pflanzen nun stufenweise immer komplizierter, bis die endgültige Blattform erreicht ist. Die Mittelrippen werden allmählich länger, Nebenrippen werden ausgebildet, der Blattrand gekerbt oder eingeschnitten, der Blattstiel immer mehr entwickelt. Goethe weist an dieser Stelle auf das Beispiel der Dattelpalme hin. Im Goethehause fand sich eine Folge von Aquarellen, welche

die allmähliche Ausbildung der komplizierten Blattform veranschaulicht und von Goethe wahrscheinlich zur Illustration seines „zweiten Versuchs über die Metamorphose der Pflanzen" bestimmt war. Fig. 1 gibt die Abbildungen in verkleinertem Maßstabe wieder. Von Wichtigkeit für die Gestaltung der Blattform sind ferner äußere Bedingungen, Belichtung, Luftzug, Höhe des Standortes. Ein Beispiel sind die Ranunkelblätter, welche verschieden gebildet werden, je nachdem sie unter Wasser oder in freier Luft auswachsen. So gelangt Goethe stufenweise zu der voll ausgebildeten Blattform.

Daran schließt sich die Erörterung des Blütenstandes, der entweder unvermittelt von der Pflanze hervorgebracht wird oder durch Übergänge mit den Laubblättern verbunden ist. Diese letzteren werden nun ausführlich dargelegt. Zwischen Kelchblättern und Laubblättern finden sich zahlreiche Zwischenformen; bei einzelnen Pflanzen werden unterhalb des Kelches die Laubblätter kleiner und vermitteln so den Übergang; der Kelch kann aus einzelnen getrennten Blättern bestehen oder ringsum verwachsen. Danach wird die Blumenkrone besprochen. Von dieser zu den Kelchblättern werden ebenfalls Zwischenformen beobachtet, z. B. bei der Nelke, wo noch grün gefärbte Kronenblätter vorkommen. Bei einzelnen Blumen fehlt der Kelch ganz und es kommen dann direkte Übergänge zwischen



Fig. 2.

Tulpe. Das mit *a* bezeichnete Blatt ist zur Hälfte Laubblatt und grün, zur Hälfte Blumenblatt und violett (Pflanzenmetamorphose § 44). — Verkleinerte Nachbildung des im Goethehause befindlichen Originalaquarells.



Fig. 1.
Allmähliche Entwicklung einer komplizierten Blattform (9) aus einer einfachen (1). — Verkleinerte Nachbildung der im Goethehaus befindlichen Originalaquarelle.

Stengelblättern und Kronenblättern vor, wie z. B. bei der Tulpe, wo manchmal ein Blumenblatt noch zur Hälfte grün sein und die Form eines richtigen Stengelblattes zeigen kann (siehe Fig. 2 nach einem im Goethehaus befindlichen Aquarell). Das nächste Glied in der Reihe bilden die Staubwerkzeuge. Auch bei diesen kommen normale und unregelmäßige Übergangsformen vor. Normale z. B. bei der Canna, wo ein Blumenblatt direkt den Staubbeutel trägt. Unregelmäßige lassen sich zahlreich bei gefüllten Blumen, z. B. Rosen auffinden; bei halbgefüllten Rosen sieht man einerseits ausgebildete Blumenblätter, andrerseits richtige Staubgefäße, dazwischen aber Blumenblätter, welche in der Mitte einen Staubbeutel tragen, oder Gebilde, welche zur einen Hälfte die Gestalt eines halben Rosenblattes, zur andern die eines halben Staubbeutels haben. Hieran schließt Goethe die Besprechung der Nektarien, derjenigen Blütenorgane, die den Honigsaft produzieren, welcher die Insekten anlockt. Er gibt auch bei diesen zahlreiche Beispiele, welche deren Blattähnlichkeit illustrieren. Danach folgt die Besprechung des Griffels. Normale Übergänge zu den Blumenblättern sind zahlreich. Bei gefüllten Blumen kann der Griffel geradezu durch solche ersetzt werden. Auch die Frucht führt Goethe auf die Blattform zurück. Er findet Übergänge zwischen den Samenkapseln und kelchähnlichen Blättern bei der

Nelke; er demonstriert die Zusammensetzung aus blattähnlichen Gebilden bei Hülsen, Schoten und Kapseln, bei denen dies besonders deutlich wird, wenn sie aufspringen und so selbst in ihre natürlichen Bestandteile zerfallen. Durch schrittweise Stufenfolge der Darstellung gelangt Goethe dazu, auch schließlich die eigenartig geformten Früchte, wie den Apfel oder die Kastanie, mit der Blattform zu vergleichen. Daran schließt sich dann noch eine Besprechung der Samenhüllen.

Die bisherige Darstellung bezog sich hauptsächlich auf einfach gebaute einjährige krautartige Pflanzen, bei denen Blätter und Blüte im wesentlichen nur um eine Achse geordnet sind. Das Verständnis des Baues bei den vielfach verzweigten Sträuchern und Bäumen ergibt sich für Goethe aus der Betrachtung der Augen. In vielen Fällen sitzt in dem Winkel, in welchem der Blattstiel von der Achse entspringt, ein Auge, d. h. ein Vegetationspunkt, der im günstigen Falle zu einem neuen Zweig auswächst. Diesen betrachtet der Autor einfach als eine neue kleine Pflanze, welche auf dem alten Stamm wächst und nun ihrerseits wieder Laubblätter, Blume und Frucht produzieren kann. Auf diese Weise gelingt es ihm, auch die kompliziertest verzweigten Gewächse auf sein einfaches Schema zurückzuführen. Es werden dann noch kurz die zusammengesetzten Blütenstände diskutiert Dann

weist Goethe noch auf zwei abnorme Beispiele hin, welche er zu beobachten Gelegenheit hatte: eine durchgewachsene Rose und eine ebensolche Nelke. Es waren das Blüten, welche nicht den Abschluß des sie tragenden Stengels bildeten, sondern aus denen wieder ein Stengel herauswuchs, der bei der Rose zuerst noch gefärbte, dann grüne Blätter trug und schließlich an seinem Ende eine zweite Rose entstehen ließ. Aus der Nelke waren sogar mehrere weitere Blüten hervorgesproßt. Diese Fälle sind für Goethe ein Beweis dafür, daß der Blütenstand nicht notwendigerweise das Ende des Wachstums der Achse bedeutet, sondern daß diese wenigstens die Möglichkeit besitzt, weiter zu wachsen und wieder Blüten hervorzubringen.

Den ganzen Kreis der Erscheinungen, die im vorstehenden kurz skizziert worden sind, faßt Goethe nun in eine einfache Regel zusammen, indem er von einem dreifachen Auseinander- und Wiederzusammenziehen spricht. Den kleinen und unscheinbaren Keimblättern folgen zunächst durch Auseinanderziehen der Form die ausgebildeten Laubblätter, dann findet ein Zusammenziehen zum Kelch, eine Wiederentfaltung zur Blumenkrone, ein drittes Zusammenziehen zu Staubgefäßen und Griffel und eine endliche letzte Entfaltung in der Frucht statt. Im Anschluß hieran legt sich nun der Dichter die Frage vor, durch welche Ursachen ein derartiges ab-

wechselndes vollständiges Ausbilden der Seitenorgane und Zusammenziehen ihrer Form veranlaßt werde, und gibt zur Erklärung dieser Erscheinung eine Hypothese, welche für Goethes ganze Auffassungsweise von größtem Interesse ist. Er nimmt an, daß mit dem Wachstum der Pflanze die Säfte auch in ihre höheren Teile eindringen und dabei in den Saftbahnen allmählich immer feiner filtriert und verändert werden. Durch diese veränderten Säfte werde dann die Ausbildung der Blattform modifiziert und deshalb käme es zur Produktion von Blumenblättern, Staubwerkzeugen usw. Die fortschreitende Kenntnis der Pflanzenphysiologie hat allerdings gezeigt, daß die Stoffwechselvorgänge lange nicht so einfach liegen, wie Goethe vor über 100 Jahren noch voraussetzen konnte. Es ist aber von größter Wichtigkeit, daß er schon damals angenommen hat, daß die Formbildungsprozesse bei der Pflanze abhängig seien von Stoffwechselvorgängen und daß ein veränderter Chemismus im Pflanzeninnern die Ursache sein könne von veränderter Ausbildung der Blattform. Wir werden das prinzipiell Wichtige dieser Annahme noch weiter unten zu erörtern haben.

Das ist in Kürze der Inhalt von Goethes Versuch, die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. Er hat später daran gedacht, das dem Werke zugrunde liegende Tatsachenmaterial zu einem Teil

wenigstens zur Anschauung zu bringen, und ließ kolorierte Tafeln anfertigen, welche zahlreiche Beispiele für seine Behauptungen brachten. Die Veröffentlichung ist aber bis jetzt unterblieben. Die Tafeln ruhen heute noch im Goethemuseum. Zwei von ihnen konnten zur Illustration dieses Vortrages verwendet werden. Wie Prof. Hansen im Goethejahrbuch mitteilt, wird er demnächst diese Abbildungen veröffentlichen.

Vierte Vorlesung.

Die botanischen Arbeiten II.

Meine Herren! Wenn ich Ihnen zu Beginn dieser Vorlesung den Inhalt der Pflanzenmetamorphose wieder kurz ins Gedächtnis zurückrufen soll, so kann ich nichts Besseres tun, als dazu die schönen Verse zu benutzen, in denen Goethe selbst dem Kreis seiner Freundinnen und speziell Christiane Vulpius den Inhalt seiner Forschungen in anschaulicher und poetischer Form zu vermitteln versucht hat.

Dich verwirret, Geliebte, die tausendfältige Mischung
 Dieses Blumengewühls über dem Garten umher;
Viele Namen hörest du an und immer verdränget,
 Mit barbarischem Klang, einer den andern im Ohr.
Alle Gestalten sind ähnlich, und keine gleichet der andern;
 Und so deutet das Chor auf ein geheimes Gesetz,
Auf ein heiliges Rätsel. O, könnt' ich dir, liebliche Freundin,
 Überliefern sogleich glücklich das lösende Wort!
Werdend betrachte sie nun, wie nach und nach sich die Pflanze,
 Stufenweise geführt, bildet zu Blüten und Frucht.
Aus dem Samen entwickelt sie sich, sobald ihn der Erde
 Stille befruchtender Schoß hold in das Leben entläßt,
Und dem Reize des Lichts, des heiligen, ewig bewegten,
 Gleich den zärtesten Bau keimender Blätter empfiehlt.

Einfach schlief in dem Samen die Kraft; ein beginnendes Vorbild
  Lag, verschlossen in sich, unter die Hülle gebeugt,
Blatt und Wurzel und Keim, nur halb geformet und farblos;
  Trocken erhält so der Kern ruhiges Leben bewahrt,
Quillet strebend empor, sich milder Feuchte vertrauend,
  Und erhebt sich sogleich aus der umgebenden Nacht.
Aber einfach bleibt die Gestalt der ersten Erscheinung;
  Und so bezeichnet sich auch unter den Pflanzen das Kind.
Gleich darauf ein folgender Trieb, sich erhebend, erneuet,
  Knoten auf Knoten getürmt, immer das erste Gebild.
Zwar nicht immer das gleiche; denn mannichfaltig erzeugt sich,
  Ausgebildet, du siehst's, immer das folgende Blatt,
Ausgedehnter, gekerbter, getrennter in Spitzen und Teile,
  Die verwachsen vorher ruhten im untern Organ.
Und so erreicht es zuerst die höchst bestimmte Vollendung,
  Die bei manchem Geschlecht dich zum Erstaunen bewegt.
Viel gerippt und gezackt, auf mastig strotzender Fläche,
  Scheinet die Fülle des Triebs frei und unendlich zu sein.
Doch hier hält die Natur, mit mächtigen Händen, die Bildung
  An und lenket sie sanft in das Vollkommnere hin.
Mäßiger leitet sie nun den Saft, verengt die Gefäße,
  Und gleich zeigt die Gestalt zärtere Wirkungen an.
Stille zieht sich der Trieb der strebenden Ränder zurücke,
  Und die Rippe des Stiels bildet sich völliger aus.
Blattlos aber und schnell erhebt sich der zärtere Stengel,
  Und ein Wundergebild zieht den Betrachtenden an.
Rings im Kreise stellet sich nun, gezählet und ohne
  Zahl, das kleinere Blatt neben dem ähnlichen hin.
Um die Achse gedrängt entscheidet der bergende Kelch sich,
  Der zur höchsten Gestalt farbige Kronen entläßt.
Also prangt die Natur in hoher voller Erscheinung,
  Und sie zeiget, gereiht, Glieder an Glieder gestuft.
Immer staunst du aufs neue, sobald sich am Stengel die Blume
  Über dem schlanken Gerüst wechselnder Blätter bewegt.
Aber die Herrlichkeit wird des neuen Schaffens Verkündung,
  Ja, das farbige Blatt fühlet die göttliche Hand.
Und zusammen zieht es sich schnell; die zärtesten Formen,
  Zwiefach streben sie vor, sich zu vereinen bestimmt.

Traulich stehen sie nun, die holden Paare, beisammen,
Zahlreich ordnen sie sich um den geweihten Altar
Hymen schwebet herbei und herrliche Düfte, gewaltig,
Strömen süßen Geruch, alles belebend, umher.
Nun vereinzelt schwellen sogleich unzählige Keime,
Hold in den Mutterschoß schwellender Früchte gehüllt.
Und hier schließt die Natur den Ring der ewigen Kräfte;
Doch ein neuer sogleich fasset den vorigen an,
Daß die Kette sich fort durch alle Zeiten verlänge,
Und das Ganze belebt, so wie das Einzelne, sei.
Wende nun, o Geliebte, den Blick zum bunten Gewimmel,
Das verwirrend nicht mehr sich vor dem Geiste bewegt.
Jede Pflanze verkündet dir nun die ew'gen Gesetze,
Jede Blume, sie spricht lauter und lauter mit dir.
Aber entzifferst du hier der Göttin heilige Lettern,
Überall siehst du sie dann, auch in verändertem Zug.
Kriechend zaudre die Raupe, der Schmetterling eile geschäftig,
Bildsam ändre der Mensch selbst die bestimmte Gestalt!
O! gedenke denn auch, wie aus dem Keim der Bekanntschaft
Nach und nach in uns holde Gewohnheit entsproß,
Freundschaft sich mit Macht in unserm Innern enthüllte,
Und wie Amor zuletzt Blüten und Früchte gezeugt.
Denke, wie mannigfach bald die, bald jene Gestalten,
Still entfaltend, Natur unsern Gefühlen geliehn!
Freue dich auch des heutigen Tags! Die heilige Liebe
Strebt zu der höchsten Frucht gleicher Gesinnungen auf,
Gleicher Ansicht der Dinge, damit in harmonischem Anschaun
Sich verbinde das Paar, finde die höhere Welt.

Und nun wollen wir versuchen, gleich an dieser Stelle, nachdem wir zum ersten Male eine wissenschaftliche Arbeit Goethes näher kennen gelernt haben, uns darüber klar zu werden, welches die Stellung und die ihrer Zeit vorauseilende Bedeutung dieser Schrift ist und wollen sogleich hier die ersten Konsequenzen zur Beurteilung von Goethes wissen-

schaftlicher Methode ziehen, um diese Kenntnis dann später schrittweise erweitern und vertiefen zu können.

Während Linné und seine Schule versucht hatten, die Gesamtheit der pflanzlichen Formenwelt dadurch für den menschlichen Geist zu bemeistern, daß sie möglichst viel einzelne verschiedene Formen und Arten aufstellten, daß sie also möglichst bis ins kleinste unterschieden und sonderten, beschritt Goethe den umgekehrten Weg. Er unternahm es, das allen Pflanzenformen Gemeinsame herauszuschälen und dadurch eine einheitliche Betrachtung der unendlichen Mannigfaltigkeit des Pflanzenwachstums zu ermöglichen. Die Methode, deren er sich hierbei bediente, ist im letzten Vortrag schon kurz angedeutet worden. Er stellte sich zunächst aus alle den verschiedenen Erscheinungen, die er untersuchen wollte, eine kontinuierliche Reihe her, die er so anordnete, daß sie vom Einfachen bis zum Kompliziertesten stufenweise fortschritt. Er suchte und fand in der Natur zwischen den einzelnen Gliedern dieser Reihe dann zahlreiche vermittelnde Übergänge, so daß er direkt die komplizierteren Formen schrittweise auf die einfacheren zurückführen konnte. In diesem Verfahren, sich zunächst aus den zu untersuchenden Phänomenen eine kontinuierliche Reihe zu bilden, besteht eigentlich Goethes allerpersönlichste Methode. Er hat sie fast bei allen seinen naturwissenschaftlichen

Untersuchungen angewendet, bei den botanischen und zoologischen nicht nur, sondern auch bei den mineralogischen und den optischen. Während er auf diese Weise in der Morphologie der Pflanzen und Tiere die wichtigsten Resultate zeitigte, werden wir sehen, daß der Versuch, diese Betrachtungsweise auch für die Farbenlehre anzuwenden, einen der wesentlichsten Gründe für Goethes Irrtum in der physikalischen Optik darstellt. Für die botanische Forschung erwies sie sich dagegen als außerordentlich fruchtbar. Goethe hat hier zwei verschiedene Reihen aufgestellt. Einmal versuchte er die Formen der verschiedenen Pflanzenarten nebeneinander zu stellen und sie durch zahlreiche Übergänge und Varietäten zueinander in Beziehung zu setzen. So gewann er eine Übersicht über die verschiedenen in der Natur vorkommenden Pflanzenformen vom einfachsten Kraut bis zum kompliziert gebauten Baumriesen. Die zweite Reihe bestand aus der Stufenfolge der einzelnen Seitenorgane ein und derselben Pflanze: vom Keimblatt bis zum voll ausgebildeten Laubblatt, von diesem bis zur ausgebildeten Blumenkrone und Frucht. Sobald nun Goethe diese beiden Reihen vor sich hatte, machte er den nächsten Schritt und suchte in das Verständnis dieser fortlaufenden Formenkette durch die Anwendung der vergleichenden Methode einzudringen. Durch Vergleichung war festzustellen, welche Unterschiede

zwischen den einzelnen Gliedern der Reihe bestanden, welche Ähnlichkeiten sich finden ließen und welche einzelnen Teile in den zu vergleichenden Objekten unmittelbar aufeinander zu beziehen waren. Dabei wird nun von Goethe selbst darauf hingewiesen, daß man bei Anwendung der vergleichenden Betrachtungsweise vorsichtig darauf achten müsse, daß die Gebilde, welche man miteinander vergleicht, auch vergleichbar seien. Dieser Hinweis war um so notwendiger, als in der damaligen Zeit oft die wildesten Kombinationen gemacht und die heterogensten Dinge miteinander in Beziehung gesetzt wurden. Linné selbst hatte gemeint, den Pflanzenkeimling mit dem tierischen Embryo, die Keimblätter mit der Plazenta vergleichen zu können, und es ließen sich noch zahllose Beispiele derartiger Phantastereien finden. Dem gegenüber behielt Goethe bei seinen Untersuchungen den festen Boden stets unter den Füßen, denn er schritt zur Vergleichung immer erst dann, wenn er sich vorher nach dem Prinzip der „Stetigkeit“ eine vollständige kontinuierliche Reihe gebildet hatte. Dann konnte er ohne weitere Spekulation durch direkte Anschauung erkennen, welches die vergleichbaren Elemente waren, und blieb so vor allen Trugschlüssen bewahrt. So wird es deutlich, wie Goethe das sorgfältigste Detailstudium zur Voraussetzung seiner schließlichen Verallgemeinerungen nehmen

mußte, und wie er schrittweise um den Erfolg rang.

An dieser Stelle wollen wir auch gleich eine Betrachtungsweise erwähnen, durch welche Goethe seiner Zeit um viele Jahrzehnte vorausgeeilt ist. Er zog nämlich für die Ergründung der Formbildung nicht nur die normalen Formen heran, sondern stützte sich ganz bewußt und eingehend auch auf die abnormen und pathologischen Gebilde. Dieses Vorgehen, welches uns heute so selbstverständlich erscheint, war für jene Zeit durchaus ungewöhnlich. Man nahm damals noch an, daß die krankhaften Zustände gar nichts mit den normalen zu tun hätten, daß die Krankheit etwas sei, was den normalen Körper von außen befalle, und daß man daher die krankhaften Prozesse nicht mit den normalen in Verbindung setzen könne. Erst der Vereinigung von Medizin und Naturwissenschaft in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ist es zu danken, daß diese Anschauungen beseitigt worden sind. Vor allem war es Rudolf Virchow, der die neue Erkenntnis begründete. Wir sehen heute die krankhaften Prozesse als Lebensäußerungen des Patienten an. Wir wissen, daß sie in vielen Fällen die Reaktion des Organismus auf abnorme Bedingungen darstellen, welche in seinem Innern entstehen, oder von außen, wie die Bakterien, in ihn eindringen. Es ist längst Gemeingut der medi-

zinischen Forschung geworden, daß man in den krankhaften Prozessen sehr oft wichtige Lebensäußerungen des Organismus studieren kann, welche im gesunden Zustand nur schwer zu fassen und zu ergründen sind. Der gesunde Körper zeigt uns die normalen Leistungen, der kranke Körper in vielen Fällen dagegen das, was der Organismus außerdem noch zu leisten befähigt ist, und so ergänzen sich die Kenntnis des normalen und des pathologischen erst zu dem vollen Bilde der gesamten Lebensäußerungen. Wir sehen nun Goethe genau dieselben Überlegungen für seine Pflanzenmetamorphose anstellen. Auch er ist von der Überzeugung durchdrungen, daß man in jedem Abnormen die normale Grundlage erkennen müsse, und so zieht er die natürlich vorkommenden und die durch Züchtung erzielten Abnormitäten in den Kreis seiner Betrachtungen mit hinein. Sie erinnern sich, daß er die gefüllten Blumen, die durchgewachsene Rose und Nelke und anderes hierher gehörige als vollwertige Beweisstücke in die Entwicklungsreihe der Pflanzenform eingefügt hat. Das, was Goethe als regressive und als zufällige Metamorphose bezeichnet, sind derartige abnorme und pathologische Zustände. Er betrachtet auf diese Weise das Normale und das Pathologische gleichzeitig und ergänzt die Kenntnis des einen durch die des andern. Er hat später, als er diese Studien eingehender fortsetzte,

wiederholt betont, daß man aus den Mißbildungen der Pflanzen die normalen Grundlagen oft aufs allerschönste erkennen könne. So hat er auf einem scheinbar weit abliegenden Gebiete grundlegende Anschauungen auch über die Pathologie gewonnen.

Goethes Schrift nennt sich einen Versuch, die Metamorphose der Pflanze zu erklären, und wir wollen gleich hier bei den botanischen Studien erörtern, was Goethe darunter verstanden hat. Das ist um so nötiger, als wir heutzutage den Begriff der Metamorphose sehr viel enger fassen, als es damals geschah. Der Dichter hat seine zoologischen und botanischen Studien unter dem Sammelbegriff der Morphologie, den er schuf, zusammengefaßt, und er definierte die Morphologie als die Lehre von der Bildung und Umbildung organischer Naturen. Wir können sagen, daß Goethe unter Metamorphose alles das verstanden hat, was sich auf Umbildung organischer Naturen bezieht. Diese Bezeichnung war der damaligen Zeit durchaus geläufig, sie war besonders schon von Linné für die Beobachtung der Pflanzenform angewendet worden. Linné wollte nämlich das Verständnis der Pflanze dadurch fördern, daß er ihr Wachstum mit der Metamorphose der Insekten verglich. Es sollte die Blüte aus ihrer Hülle hervorbrechen, wie der Schmetterling aus der Puppe, und demgemäß hat Linné die Rinde der Pflanze direkt mit der Larvenhülle der Insekten ver-

glichen. Die Blüten sollten nach ihm aus der Rinde, speziell die Blumenkrone aus dem Bast, die Staubbeutel aus dem Holz, die Narbe aus dem Mark des Stammes hervorgehen. Erst wenn man sich diese wilden Phantasien vergegenwärtigt, sieht man, welchen großen Fortschritt Goethes uns heute so selbstverständlich erscheinende Metamorphosenlehre bedeutet. Statt unbegründeter Vergleiche ist jetzt ein auf zahlreiche Einzelbeobachtungen gestütztes Verständnis möglich. Auch das Ei des Columbus schien nachher den Zuschauern ein selbstverständliches Experiment.

Goethe unterscheidet nun verschiedene Formen der Metamorphose und stellt als erste die successive Metamorphose auf. So bezeichnet er diejenige Art der Umbildung, die wir auch heute noch Metamorphose nennen: die Metamorphose der Insekten, der Amphibien u. dgl. Wenn sich die Raupe zur Puppe, die Puppe zum Schmetterling umbildet, wenn aus dem Froschei die Kaulquappe und aus dieser der ausgebildete Frosch entsteht, so sehen wir, wie successive ein und dasselbe Individuum als Ganzes sich verwandelt und verschiedenartige Gestalten annimmt. Demgegenüber unterscheidet Goethe eine zweite Gruppe von Umbildungen als simultane Metamorphose und begreift darunter Dinge, welche wir heute nicht mehr mit diesem Ausdruck bezeichnen. Er gibt in seinen Aufzeichnungen dafür die Defini-

tion: „Simultane Metamorphose, indem die Teile sich voneinander unterscheiden.“ Was darunter verstanden wird, möchte ich Ihnen an einem einfachen Beispiel klar machen. Betrachten wir einen einfach gebauten Wurm, wie z. B. den Regenwurm, und sehen wir dabei zunächst von Kopf und Schwanzende ab, so finden wir den Körper zusammengesetzt aus einer Reihe von Ringen, welche aufeinander folgend den Wurmkörper bilden und welche bei der näheren Untersuchung einander so gut wie vollkommen gleichen. Jedes einzelne Teilstück oder, nach der heutigen Ausdrucksweise, Metamere besteht aus einem Muskelring, in dessen Innerem sich das zugehörige Nervensystem und die übrigen Organe befinden. Der Regenwurm ist also dadurch ein einfach gebautes Tier, daß er aus einer fortlaufenden Reihe durchaus gleichartig zusammengesetzter Teilstücke besteht. Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn wir zu höheren Tieren fortschreiten. Wir wollen als Beispiel an dieser Stelle ein auch von Goethe mehrfach angeführtes und studiertes benutzen, nämlich das Rückgrat, die Wirbelsäule eines Säugetieres. Betrachten wir die Wirbelsäule eines Hundes, Rindes oder Menschen, so finden wir, daß dieses Organ aus einer Reihe von gleichwertigen Teilstücken besteht, welche alle annähernd nach demselben Plan gebaut sind. Sie enthalten einen Wirbelkörper, Wirbelbogen und Wirbelfortsätze,

Vertebrae — die Wirbelbeine.



Fig. 3.

Wirbel des Menschen. Tafel aus der Mappe: „Goethes anatomische Studien in Jena bei Loder 1781", im Goethehaus. Vermutlich benutzt zu Goethes anatomischen Vorträgen an der Zeichenakademie in Weimar. Dazu gehört ein Blatt Umrißzeichnungen mit schriftlichen Erläuterungen.

welche zusammen den Rückenmarkskanal umschließen. Auch hier also wie beim Regenwurm ein Gebilde, welches aus einer fortlaufenden Reihe von Metameren besteht. Wenn wir aber die Teilstücke genauer betrachten, so finden wir, daß sie im einzelnen außerordentlich große Verschiedenheiten aufweisen, wie ein Blick auf nebenstehende Tafel 3 zeigt, auf der Goethe selbst diese Verhältnisse verdeutlicht hat. Die zierlichen Halswirbel sehen vollständig anders aus wie die plumpen Lendenwirbel. Die Brustwirbel mit ihren charakteristisch ausgebildeten Dornfortsätzen haben eine ganz andere Form als die einfache Knochenspange des Atlas, des ersten Halswirbels. Diese Unterschiede gehen fort bis ins einzelne. Goethe selbst hat das für die Halswirbel genauer durchgeführt und eingehend die Formunterschiede vom 1. bis zum 7. beschrieben Wir sehen also, daß bei einem Organ, welches aus gleichwertigen Teilstücken besteht, diese einzelnen Teile sich sehr stark voneinander unterscheiden. Diese Formunterschiede oder diese Umbildung der Wirbelform von einem Metameren zum andern bezeichnet Goethe als simultane Metamorphose. Wir benutzen heute hierfür den Ausdruck Differenzierung.

Welche Stellung nimmt nun die Metamorphose der Pflanzen in dieser Einteilung ein? Goethe selbst weist ihr eine Mittelstellung zwischen der succes-

siven und simultanen Metamorphose zu. Betrachtet man die ausgebildete Pflanzenform, so findet man die einzelnen Seitenorgane der Pflanze, Blätter, Blüte, Frucht usw., voneinander unterschieden: simultane Metamorphose. Wenn man aber die Pflanze wachsen sieht, so entsteht Knoten für Knoten der Reihe nach, und jeder Knoten läßt ein oder mehrere Seitenorgane hervorsprießen, welche in immer wechselnder und immer vollkommenerer Weise ausgebildet werden. Die einzelnen Wirbel der Wirbelsäule sind gleichzeitig da. Die einzelnen Knoten der Pflanze mit ihren Seitenorganen werden nacheinander gebildet. So steht die Metamorphose der Pflanzen in der Mitte zwischen der successiven und simultanen Metamorphose und enthält die Elemente von beiden.

Damit ist aber der Kreis dessen, was Goethe unter Umbildung organischer Naturen zusammenfaßte, noch nicht erschöpft. Es kommt als drittes hinzu die Verschiedenheit der Form, welche sich bei vergleichender Betrachtung der einzelnen Pflanzen- und Tierarten ergibt. Oben wurde auseinandergesetzt, daß Goethe die Verschiedenheit der Pflanzen- und Tierwelt dadurch anschaulich und untersuchbar machte, daß er die verschiedenen Einzelformen der Pflanzen- und Tierspezies in eine vollständige und kontinuierliche Reihe einordnete. Der Vergleich einzelner charakteristischer Vertreter dieser Reihe ergibt

dann natürlich wesentliche Formunterschiede, eine Metamorphose innerhalb des ganzen Tier- und Pflanzenreiches. Die Wissenschaft von diesen Formänderungen ist die vergleichende Anatomie. Goethe hat als das eigentliche Ziel dieser Wissenschaft die Aufstellung einer Grundform angesehen, auf welche sich alle Einzelformen zurückführen lassen müssen. Für die Pflanzenwelt hat Goethe zunächst nach einer solchen Urpflanze wirklich in der Natur gesucht, dann aber erkannt, daß es sich nur um ein Schema handeln könne, welche man konstruieren, aber nicht tatsächlich auffinden müsse. Er hat danach für Pflanzen- und Tierreich das gesucht, was er einen Typus nannte, eine einfachste Grundform, auf die sich alle tatsächlich vorhandenen Formen zurückführen ließen, und er redet später direkt von der Aufgabe, einen solchen Typus zu konstruieren. Diese dritte Form der Metamorphose von Art zu Art ist also eine Betrachtungsweise, welche schließlich den großen Formenkreis der Tier- und Pflanzenwelt in den Bereich ihrer Forschung zieht, und stellt so die höchste Verallgemeinerung von Goethes morphologischen Forschungen dar.

Diese kurze Einteilung der Metamorphosenlehre enthält in nuce das ganze Programm von Goethes morphologischen Forschungen. Wir haben sie angeknüpft an eine Diskussion der Pflanzenmeta-

morphose und werden bei den folgenden Besprechungen sehen, wie Goethe dieses Programm der Reihe nach selbst erfüllt hat und wie er so die Gesamtheit des organischen Formenwesens Schritt für Schritt in den Kreis seiner wissenschaftlichen Bemühungen zog.

Die rein morphologischen Studien bildeten aber nur einen, wenn auch den wesentlichsten Teil von Goethes biologischen Interessen. Er stellte sich nicht nur die Aufgabe, in das Verständnis der Form organisierter Gebilde einzudringen, sondern legte sich auch die Frage nach den Ursachen der Formbildung vor. Diese Forschungen haben nach Goethes Tod lange Zeit geruht, und erst in den letzten Jahrzehnten wendet sich ihnen das Interesse der Naturforscher wieder zu. Die ganze Wissenschaft der Entwicklungsmechanik und Entwicklungsphysiologie ist jüngsten Datums und deshalb muten Goethes Auseinandersetzungen über diese Fragen den Leser als ganz besonders modern an. Er unterscheidet in seinen botanischen Studien zwei verschiedene Gruppen von Ursachen der Formbildung. Die einen sind äußere. Wir haben in der letzten Vorlesung schon erfahren, daß Goethe den äußeren Bedingungen, wie Licht, Luft, Klima, Wärme, Standort, Bewässerung und vielen



anderen, einen enschiedenen Einfluß auf die Ausbildung der Pflanzenform zuschrieb. Er stellte dieses durch Beobachtung an frei in der Natur wachsenden

Pflanzen und durch die verschiedenartigsten Experimente fest, welche in der Folgezeit noch vielfach fortgesetzt wurden, und kam so zu seiner Überzeugung, daß die Pflanzenformen von diesen äußeren Umständen besonders in der Weise abhängig seien, daß die Ausbildung der ganzen Pflanze durch sie bedingt wäre. Er nahm also die Wirksamkeit äußerer formativer Reize an. Demgegenüber fand er nun noch eine zweite Gruppe von Faktoren von entschiedenem Einfluß auf die Pflanzenform. Er bezog die verschiedene Gestaltung der Seitenorgane bei ein und derselben Pflanze auf innere Ursachen; wenn ein Gewächs zuerst unvollkommene, dann immer vollkommenere Laubblätter hervorbringt, wenn dann nach diesen die zarteren Kelch- und Blumenblätter und darauf die Befruchtungswerkzeuge entstehen, so nahm Goethe, wie Sie sich erinnern, an, daß mit dem Pflanzenwachstum die Säfte allmählich in den Gefäßen des Stammes immer feiner destilliert würden, und daß diese verfeinerten Säfte in den höheren Pflanzenteilen Ursache für die Bildung der zarteren Seitenorgane (Blüte und Frucht) seien. Diese Hypothese ist von prinzipieller und fundamentaler Wichtigkeit, denn sie enthält die Vorstellung, daß im Stoffwechsel der Pflanzen chemische Substanzen gebildet werden können, welche an den Ort gelangen, wo die Seitenorgane ausgebildet werden und welche hier deren Formgebung in entscheidender

Weise beeinflussen. Es werden also den äußeren formativen Reizen innere, und zwar chemische gegenübergestellt; die äußeren Reize beeinflussen die Gesamtform der Pflanze, die inneren bedingen die spezielle Ausbildung ihrer Organe. Durch diese Anschauung entwicklungsphysiologischer Art hat Goethe sich zu Problemen erhoben, welche fast 100 Jahre später erst wieder aufgenommen worden sind. Es ist dabei von Interesse, daß ungefähr gleichzeitig und wahrscheinlich unabhängig der Göttinger Anatom Blumenbach, wie von Driesch in letzter Zeit betont worden ist, ebenfalls entwicklungsphysiologische Betrachtungen und Experimente angestellt hat. Hiermit wollen wir diesen Gegenstand verlassen und weitere formphysiologische Ermittlungen Goethes erst berühren, wenn wir die zoologischen Arbeiten näher gewürdigt haben.

Wir müssen aber an dieser Stelle noch eine andre Frage streifen, welche von Goethe selbst aufgeworfen und zu verschiedenen Zeiten seines Lebens verschieden beantwortet worden ist. Es handelt sich um die erkenntnistheoretische Grundlage der Metamorphosenlehre. Wir werden auf diesem Wege auch gleich einen tiefen Einblick in die persönliche Denkweise des Naturforschers Goethe tun. Als Ausgang benutzen wir die viel citierte Scene seines ersten näheren Zusammentreffens mit Schiller. Er hat auf diesen Moment seines Lebens selbst

solchen Wert gelegt, daß er ihn uns an mehreren Stellen seiner Werke und auch in seinen naturwissenschaftlichen Schriften schildert. Er erwähnt, daß Schiller ihm anfangs durchaus unsympatisch gewesen und daß er einer Berührung mit ihm sorgfältig aus dem Wege gegangen sei. Schillers Dramen, die Räuber, Fiesko, selbst noch Don Carlos, vom Publikum mit Begeisterung aufgenommen, schienen Goethes abgeklärter Denkart nur ein Rückfall in Stadien zu sein, die er selbst in der Götz- und Wertherepoche überwunden hatte. Schiller hatte sich dann weiter dem Studium der Kantschen Philosophie zugewendet und in seinem Aufsatz über Anmut und Würde auch die Stellung des Menschen zur Natur berührt. Bei dieser Gegenüberstellung war nun die Natur nicht gerade gut weggekommen und für Goethe, der die Stellung des Menschen in der Natur betonte, war die Schillersche Betrachtungsweise keineswegs anziehend. „Gewisse harte Stellen sogar konnte ich", so schreibt Goethe später, „direkt auf mich deuten, sie zeigten mein Glaubensbekenntnis in einem falschen Lichte; dabei fühlte ich, es sei noch schlimmer, wenn es ohne Beziehung auf mich gesagt worden; denn die ungeheuere Kluft zwischen unseren Denkweisen klaffte nur desto entschiedener. — An keine Vereinigung war zu denken. . . . Niemand konnte leugnen, daß zwischen zwei Geistesantipoden mehr als Ein Erddiameter die Scheidung mache, da sie

denn beiderseits als Pole gelten mögen, aber eben deswegen in Eins nicht zusammenfallen können. Daß aber doch ein Bezug unter ihnen stattfinde, erhellt aus Folgendem. Schiller zog nach Jena, wo ich ihn ebenfalls nicht sah. Zu gleicher Zeit hatte Batsch durch unglaubliche Regsamkeit eine naturforschende Gesellschaft in Tätigkeit gesetzt, auf schöne Sammlungen, auf bedeutenden Apparat gegründet. Ihren periodischen Sitzungen wohnte ich gewöhnlich bei; einstmals fand ich Schillern daselbst, wir gingen zufällig beide zugleich heraus, ein Gespräch knüpfte sich an, er schien an dem Vorgetragenen teilzunehmen, bemerkte aber sehr verständig und einsichtig und mir sehr willkommen, wie eine so zerstückelte Art, die Natur zu behandeln, den Laien, der sich gern darauf einließe, keineswegs anmuten könne. — Ich erwiderte darauf, daß sie den Eingeweihten selbst vielleicht unheimlich bleibe, und daß es doch wohl noch eine andre Weise geben könne, die Natur nicht gesondert und vereinzelt vorzunehmen, sondern sie wirkend und lebendig, aus dem Ganzen in die Teile strebend, darzustellen. Er wünschte hierüber aufgeklärt zu sein, verbarg aber seine Zweifel nicht; er konnte nicht eingestehen, daß ein solches, wie ich behauptete, schon aus der Erfahrung hervorgehe. — Wir gelangten zu seinem Hause, das Gespräch lockte mich hinein; da trug ich die Metamorphose der Pflanzen lebhaft vor, und ließ, mit

manchen charakteristischen Federstrichen, eine symbolische Pflanze vor seinen Augen entstehen. Er vernahm und schaute das alles mit großer Teilnahme, mit entschiedener Fassungskraft; als ich aber geendet, schüttelte er den Kopf und sagte: „Das ist keine Erfahrung, das ist eine Idee.“ Ich stutzte, verdrießlich einigermaßen; denn der Punkt, der uns trennte, war dadurch aufs strengste bezeichnet. Die Behauptung aus Anmut und Würde fiel mir wieder ein, der alte Groll wollte sich regen; ich nahm mich aber zusammen und versetzte: „Das kann mir sehr lieb sein, daß ich Ideen habe, ohne es zu wissen, und sie sogar mit Augen sehe“.“

Schärfer konnte der Gegensatz der beiden Männer nicht veranschaulicht werden als in diesen dramatischen Sätzen, und Goethe konnte in der Tat auch nicht schärfer getroffen werden, als durch Schillers kurzen Einwand, durch den er beinahe zu sofortigem Abbruch des Gesprächs veranlaßt wurde. Goethe hatte bis dahin seine Naturstudien tatsächlich „mit unbewußter Naivetät“ betrieben, vertraute auf seine gesunden fünf Sinne, glaubte, daß alle seine Resultate durch reine Erfahrung gewonnen worden seien und unterschätzte die Denkoperationen, die zu ihrer Erreichung notwendig gewesen waren. Sein Realismus war ja noch vor wenigen Jahren so weit gegangen, daß er versucht hatte, die Urpflanze als tatsächlich vorhanden in der Natur aufzufinden. Hier

wurde er durch Schiller aus seiner Betrachtungsweise unsanft aufgerüttelt. Um was es sich dabei handelt, werden Sie gleich noch deutlicher verstehen lernen, wenn Sie sich klar machen, wie überhaupt menschliche Erkenntnisse zustande kommen. Bedenken Sie, wie ein kleines Kind zuerst Sinneseindrücke empfängt und danach Erfahrungen sammelt. Sobald es überhaupt einigermaßen bewußt sehen gelernt hat, bemächtigt es sich der Objekte der Außenwelt mit lebhaftestem Interesse. Jeder Gegenstand, den es sieht, ist eine neue Erscheinung. Der blattlose Baum im Winter, derselbe Baum im Laubschmuck des Sommers, eine blühende Kastanie, eine aufragende Fichte, ein Baum, der vor dem blauen Himmel steht, ein andrer im Dickicht des Gebüschs, alle diese Bäume werden zunächst für unser Kind ebensoviele unzusammenhängende Einzelerscheinungen sein. Jedesmal, wenn es einen neuen Baum sieht, macht es eine neue Erfahrung. Nach kurzer Zeit aber wird das Kind, natürlich völlig unbewußt, beginnen, alle diese verschiedenen Eindrücke einheitlich zusammenzufassen. Durch fortgesetzte äußere Einflüsse und belehrt durch den Zwang der begriffsbildenden Sprache wird es schließlich das allen diesen Formen Gemeinsame erkennen und so den Begriff B a u m bilden. In der Erscheinung sind dem Kind nur die einzelnen Elemente jedes einzelnen Baumes gegeben. Um aus diesen

den zusammenfassenden Begriff Baum zu bilden und unter diesem Begriff (Idee) nun alle Einzelerscheinungen der Bäume zu subsummieren, dazu bedarf es der Denkoperation des Kindes. Ganz dasselbe vollführt nun Goethe bei seinem Studium der Pflanzenform. Auch er müht sich redlich 10 Jahre lang, die Einzelerscheinungen der verschiedenen Pflanzen zu studieren. Dann erst beginnt der Versuch, alle diese Erfahrungen einheitlich zusammenzufassen. Daß dieses letztere eine reine Denkoperation sei, war Goethe damals noch nicht klar und auch, nachdem er die Urpflanze nicht mehr in der Natur suchte, glaubte er, die Pflanzenmetamorphose mit Augen sehen und mit Händen greifen zu können. Er wurde erst jetzt durch Schiller darauf hingewiesen und erkannte es allmählich immer klarer, daß sein Gesetz der Pflanzenmetamorphose allerdings von der Erfahrung ausgehe, daß aber der Begriff der Urpflanze daraus durch eine Denkoperation abstrahiert, daß der von ihm ermittelte Zusammenhang aller Pflanzen daher ein ideeller sei. So liegt die Wahrheit auch in diesem Fall in der Mitte. Erst durch das Zusammenwirken der von Goethe allein betonten Erfahrung und der von Schiller in den Vordergrund gestellten Idee ist ein Resultat von solcher wissenschaftlichen Tragweite wie Goethes Metamorphosenlehre möglich geworden. Er fand allerdings immer noch „die Schwierigkeit, Idee und Erfahrung miteinander zu verbinden, sehr hinderlich

bei aller Naturforschung: die Idee ist unabhängig von Raum und Zeit, die Naturforschung ist in Raum und Zeit beschränkt; daher ist in der Idee Simultanes und Successives innigst verbunden, auf dem Standpunkt der Erfahrung hingegen immer getrennt, und eine Naturwirkung, die wir der Idee gemäß als simultan und successiv zugleich denken sollen, scheint uns in eine Art Wahnsinn zu versetzen. Der Verstand kann nicht vereinigt denken, was die Sinnlichkeit ihm gesondert überliefert, und so bleibt der Widerstreit zwischen Aufgefaßtem und Ideirtem immerfort unaufgelöst". Daß Goethe sich später selbst rückhaltlos auf Schillers Standpunkt gestellt hat, sieht man aus den Worten, die er 1817 in der Einleitung zu seinen morphologischen Heften schrieb: „Daß das, was der Idee nach gleich ist, in der Erfahrung entweder als gleich oder als ähnlich, ja sogar als völlig ungleich oder unähnlich erscheinen kann, darin besteht eigentlich das bewegliche Leben der Natur, das wir in unsern Blättern zu entwerfen gedenken." Die Urpflanze ist jetzt für Goethe das Schema oder, wie er es später nannte, der Typus geworden, auf den sich alle Pflanzenformen durch Vergleichung zurückführen lassen. Sie ist der allen Pflanzen gemeinsame Bauplan.

Gleich nach Vollendung des Manuskripts über die Pflanzenmetamorphose traten Goethe Schwierig-

keiten entgegen. Sein Verleger Göschen, bei dem die früheren Werke erschienen waren, lehnte den Verlag ab, und erst nach Überwindung mehrfacher Hemmnisse konnte das Werk bei Ettinger in Gotha erscheinen. Das war nur das Vorspiel für die Aufnahme, welche die Arbeit im Publikum fand. Daß ein Dichter etwas anderes veröffentlichen könne, wie seine poetischen Werke, wollte der damaligen gebildeten Welt nicht in den Kopf. Man stellte sich dem Versuche Goethes gegenüber auf den Standpunkt „Schuster, bleibe bei deinem Leisten“, und so hatte er fast nur Ärger. Dazu kam nun die ziemlich einmütige Ablehnung, die seine Metamorphosenlehre bei den Fachgelehrten fand. Diese standen damals fast allgemein auf dem Standpunkt der sog. Präformationslehre. Es wurde alles Wachstum und alle Entwicklung dadurch verständlich zu machen gesucht, daß man annahm, jeder Keim enthalte alle Organe und Formen, die aus ihm später hervorwüchsen, schon im kleinsten Maßstabe in sich eingeschlossen. Die ganze spätere Pflanze sollte schon in dem Samen stecken und bei der Keimung weiter nichts stattfinden, als ein Auswachsen dieser kleinen Anlage. Auch die Eizelle sollte das ganze spätere Tier mit allen seinen Organen gewissermaßen eingeschachtelt enthalten. Dieses damals herrschende Dogma trat ihm besonders 1792 bei dem schon geschilderten Besuche auf

dem Jacobischen Gute in Pempelfort entgegen, wo er der starren Vorstellungsart begegnete: „Nichts könne werden, als was schon sei“ oder wie Albrecht v. Haller dieses Dogma formuliert hatte: „nil noviter generari“. Goethes Metamorphosenlehre stand natürlich in schneidendem Gegensatz zu einer solchen Anschauung, da sie die Umbildung organischer Teile zum Gesetz erhob, während die Präformationstheorie die Unveränderlichkeit der sich entwickelnden Gebilde lehrte. So dauerte es Jahre und Jahrzehnte, bis die langersehnte Anerkennung wissenschaftlicher Kreise unserm Dichter zu Teil wurde.

In den folgenden Jahren sammelte nun Goethe weiteres wissenschaftliches Material zu einem zweiten Aufsatz über die Pflanzenmetamorphose. Von diesem ist aber nur der Anfang erhalten. Veröffentlicht wurde er nie. Dagegen begann Goethe in der Mitte der 90er Jahre wieder in ausgedehnterem Maße an Pflanzen zu experimentieren. Wieder sind es die Bedingungen, welche die Formbildung der Pflanzen beeinflussen und verursachen können, die ihn interessieren. So läßt er Kressen- und Bohnensamen im Licht, im Dunkeln, unter gelben, blauen und violetten Gläsern keimen und führt täglich genaue uns erhaltene Versuchsprotokolle, in denen er die Länge der Wurzeln, der Stengel usw. nach sorgfältigen Messungen registriert. Er beschäftigt sich dabei unter anderm auch mit einem Vorgang, der bis in die

jüngste Zeit hinein das Interesse der Pflanzenphysiologen erregt: das Etiolement. Darunter versteht man die Erscheinungen, welche an Pflanzen auftreten, wenn sie im Dunkeln auskeimen. Es wird dann der grüne Farbstoff nicht gebildet und die blassen Keimlinge zeigen ein ganz exzessives Längenwachstum, gleichsam als wollte die Pflanze möglichst in die Höhe streben, um der Dunkelheit zu entrinnen. Dieser Vorgang ist nun keineswegs etwa von Goethe entdeckt worden; schon 1700 hat Senebier Untersuchungen darüber angestellt. Aber das Studium hatte unter dem Druck von Linnés Autorität geruht und erst 10 Jahre nach den geschilderten Goetheschen Versuchen hat der berühmte französische Botaniker de Candolle wieder eine Arbeit über den Gegenstand veröffentlicht. Goethe machte dann ferner an einer Pflanze, die ihn auch in andrer Hinsicht interessierte, Bryophyllum calycinum, Beobachtungen über den Vorgang, den man heute als Heliotropismus bezeichnet. Er stellte fest, daß diese Pflanze, wenn sie im Zimmer gezogen wird, sich immer gegen das Licht hin krümmt, und machte nun den Versuch, diese heliotropische Reaktion dadurch zu überwinden, daß er jedes Mal, wenn die Pflanze anfing, sich zu krümmen, den Blumentopf drehte. Auf diese Weise gelang es ihm, ein gerades Wachstum zu erzielen. In dieselbe Zeit fallen auch Versuche festzustellen, wie weit Pflanzen nach Verletzungen

noch wachstumsfähig bleiben. Er beobachtete, ob nach Entfernung der Keimblätter noch eine weitere Entwicklung möglich sei, wie die Pflanzen es vertragen, wenn alle Laubblätter entfernt werden, und was aus Blüten wird, die des Kelches beraubt sind. Auch der Einfluß der Ernährung auf die Blütenbildung der Gewächse wird von neuem wieder studiert und es gelingt ihm, durch Überernährung das Blühen seiner Versuchspflanzen zu verhindern. An diese Versuche schließt sich nun der Plan, eine Pflanzenphysiologie zu schreiben. Auch von diesen Bemühungen sind nur die Entwürfe vorhanden, aus denen sich aber wenigstens so viel ersehen läßt, daß Goethe allerdings die sämtlichen Lebensäußerungen der Pflanze mit berücksichtigen wollte, daß aber das, was ihn am meisten dabei interessierte, die Physiologie der Formbildung gewesen ist. So stellt sich die Pflanzenphysiologie seinen morphologischen Bestrebungen parallel gegenüber, und es ist als ein großer Verlust zu bezeichnen, daß er nie etwas Zusammenfassendes über seine pflanzenphysiologischen Vorstellungen publiziert hat.

Im Jahre 1812 veröffentlichte der Hallenser Anatom und Physiologe Meckel die deutsche Übersetzung einer zu ihrer Zeit völlig unbeachtet gebliebenen lateinischen Abhandlung von Caspar Friedrich Wolff aus dem Jahre 1768: „De formatione

intestinorum". Diese Schrift, ebenso wie die berühmte „Theoria generationis" von 1759 war in bezug auf das Pflanzenwachstum zu ganz identischen Resultaten wie Goethe gekommen. Letzterer, der auf Wolffs Schriften schon bald nach Veröffentlichung seiner eigenen Pflanzenmetamorphose durch den Philologen F. A. Wolf aufmerksam gemacht wurde und sie besonders 1807 genauer studiert hatte, erkannte die Wichtigkeit dieser Abhandlung sofort und unumwunden an und nahm in seine morphologischen Hefte ein eigenes Kapitel „Entdeckung eines trefflichen Vorarbeiters" auf, in welchem er die einschlägigen Stellen aus Wolffs Arbeit z. T. wörtlich abdruckte. Daraus ergibt sich nun, daß Wolff tatsächlich fast genau dieselben Vorstellungen entwickelt hatte. Auch er führt alle Seitenorgane der Pflanze auf das Blatt zurück. Bei der Beweisführung für diesen Satz ist Wolff aber noch einen Schritt weiter gegangen als Goethe. Er studierte nämlich die Form und Entwicklung der ersten Anlage aller Blätter und Seitenorgane mikroskopisch und konnte so feststellen, daß alle diese Gebilde tatsächlich ursprünglich aus gleichen Anlagen hervorgehen. Nur in einem Punkt wich Goethe von Wolff ab. Dieser hatte die Blüte als eine Verkümmerung der Blattbildung aufgefaßt. Das mußte Goethe durchaus unsympathisch sein. Er sah in der Blüte vielmehr die höchste Entfaltung des Pflanzenwachs-

tums. Dagegen waren beide darin Gesinnungsgenossen, daß sie aufs schärfste die Präformationslehre bekämpften.

In diesen und den folgenden Jahren begann nun Goethes Metamorphosenlehre allmählich immer mehr durchzudringen. Es kamen eine Reihe von günstigen Rezensionen in wissenschaftlichen Zeitschriften. Die Lehre wurde mehr und mehr von den Fachleuten citiert. Schließlich gelangte sie zu völliger Anerkennung und ging in den festen Besitzstand der wissenschaftlichen Botanik über. Goethe selbst verfolgte in diesen Jahren hauptsächlich die laufende Literatur und machte sich sorgfältige Auszüge von allem, was auf seine Metamorphosenlehre Bezug hatte. Alle diese Bestätigungen und Fortbildungen hat er dann anhangsweise seiner eigenen Abhandlung über die Pflanzenmetamorphose beigefügt und so sind sie in die Ausgabe letzter Hand übergegangen. Besonders eingehend studiert und berücksichtigt er dabei Jägers Werk über die Mißbildungen der Gewächse. Seinen Exzerpten fügt er hier zahlreiche eigene Beobachtungen bei und betont dabei nochmals nachdrücklichst die normale Grundlage alles Pathologischen. Dabei wird die Frage diskutiert, wie weit diese Abnormitäten auf veranlassende Außenbedingungen zurückgeführt werden können.

So kommt es schließlich zum endgültigen Sieg

von Goethes Ideen. Die führenden Botaniker der damaligen Zeit erkennen ihn rückhaltlos an. Mit Alexander v. Humboldt werden Gedanken und Werke ausgetauscht. Der damals höchst geschätzte Nees van Esenbeck in Bonn, Präsident der Leopoldinisch-karolinischen Akademie der Naturforscher, dem man heute wegen zahlreicher naturphilosophischer Verirrungen keine so hervorragende Stellung mehr einräumt, steht in engstem brieflichen Verkehr mit Weimar, und ebenso ist der Münchner Botaniker v. Martius mit Goethe in wissenschaftlichem Briefwechsel und persönlichem Gedankenaustausch. Kurz vor Goethes Tode legt dann Geoffroy St. Hilaire der französischen Akademie eine von Soret gefertigte Übersetzung der Pflanzenmetamorphose vor und setzt in schönen Worten die grundlegende Bedeutung dieses Werkes an der damaligen wissenschaftlichen Zentralstelle auseinander. Nur ein Irrtum liege der Abhandlung zugrunde, daß sie fast ein halbes Jahrhundert zu früh erschienen sei, ehe es noch Botaniker gab, die sie zu studieren und verstehen fähig waren.

Im Auslande fielen Goethes Ideen überhaupt auf fruchtbaren Boden. Jussieu, de Candolle, Robert Brown entwickelten zum Teil ganz ähnliche Vorstellungen. Die deutschen Botaniker ergaben sich dagegen vielfach naturphilosophischen Spekulationen. Als nun Schleiden, Sachs und andere mit diesen

Lehren gründlich aufräumten, ziehen sie auch Goethe solcher Verirrungen und machten ihn für die Fehler seiner Nachfolger verantwortlich. Erst in der letzten Zeit dringt auch in den Kreisen der Botaniker die volle Würdigung von Goethes wissenschaftlicher Leistung immer mehr durch.

Goethe selbst hat in den späteren Jahren seines Lebens nur noch kleinere botanische Aufsätze verfaßt. Er schrieb Recensionen über Humboldts Ideen zu einer Physiognomie der Gewächse, über eine graphische Darstellung der Verteilung organischen Lebens in der Natur von Wilbrand und Ritgen u. a. Er veröffentlichte einen Aufsatz über den hamburgischen Rektor Joachim Jungius, 1587—1657, der nicht, wie behauptet wurde, die Metamorphose entdeckt hat, sondern vielmehr ein Vorläufer Linnés gewesen ist. Er übersetzte einige wichtige Stellen aus dem Werke des berühmten de Candolle: „Von dem Gesetzlichen der Pflanzenbildung", und schrieb einen Aufsatz über den Weinbau, in dem er, im Anschluß an ein Buch von Kecht, den Knoten des Weinstockes mit Blatt, Blüte, Traube und Ranke vom Standpunkt seiner Metamorphose aus betrachtet.

Die letzte botanische Schrift Goethes ist die viel umstrittene Abhandlung über die Spiraltendenz der Vegetation, welche er 1829—31 verfaßt hat. Damals hatten der Botaniker Schimper und weiter v. Martius in München und dessen Schüler Alexander

Braun eine Reihe von Arbeiten veröffentlicht, in denen einfache Gesetze über die Blattstellung der Pflanze aufgestellt wurden. Man fand, daß bei einzelnen Pflanzen die Blätter in spiraliger Anordnung um den Stamm oder Stengel gestellt sind, gerade so wie auch die Schuppen eines Tannzapfens eine durchaus regelmäßige Spirale zeigen. Auch die Stellung der Blütenblätter zeigt ähnliche Gesetzmäßigkeiten, und besonders Alexander Braun machte den Versuch, diese Anordnungen auf eine Reihe ganz einfacher mathematischer Gesetze zurückzuführen. Darüber hatte Martius auf den Versammlungen deutscher Naturforscher und Ärzte vom Jahre 1828 und 1829 berichtet, und Goethe griff diese Vorstellungen auf, um sie mit seiner Metamorphosenlehre in Verbindung zu bringen. Hatte er selbst die einheitliche Auffassung aller Seitenorgane der Pflanze angebahnt, so schien ihm jetzt die Möglichkeit gegeben, die Verteilung dieser Seitenorgane an und um die Pflanze ebenfalls auf eine einfache Regel zu reduzieren. Er leitet daher die genannten Erscheinungen alle ab von einer Spiraltendenz, die im Pflanzenreich verbreitet sein soll, und der die Vertikaltendenz des senkrecht in die Höhe wachsenden Stammes gegenübergestellt wird. Um nun die allgemeine Gültigkeit dieser Spiraltendenz zu erweisen, wird eine Reihe von Vorgängen herangezogen, welche offenbar tatsächlich gar nichts miteinander

gemein haben: die Stellung der Blätter um die Achse, das Winden des Hopfens und anderer Pflanzen um die Stange, das Herumschlingen von Ranken um feste Gegenstände, die Anordnung der Spiralgefäße und noch manches andere. Goethe ist hier offenbar viel zu weit gegangen und hat heterogene Dinge zueinander in Beziehung gesetzt. Der alte, kurz vor seinem Tode stehende Dichter hatte nicht mehr die Zeit gefunden, seine Theorien durch ausgedehnte eigene Beobachtungen und Versuche zu prüfen.

Damit schließen wir unsere Betrachtung von Goethes botanischen Studien. Wir haben durch die eingehende Bekanntschaft mit seinem Forschen und Denken über das Pflanzenwachstum schon ein gutes Teil von der Persönlichkeit des Naturforschers erfahren. Wir haben seine Gründlichkeit, seinen Ernst, die umfassende Breite seiner Verallgemeinerung und manche seiner grundlegenden Vorstellungen kennen gelernt, auf denen sich seine Auffassung des Naturganzen aufbaut. Aufgabe der ferneren Betrachtung wird es sein, dieses Bild bei der Besprechung der anderen Forschungsgebiete zu vervollständigen, bis uns schließlich ein volles Verständnis für Goethes wissenschaftliche Denkweise möglich sein wird.

Fünfte Vorlesung.

Die osteologischen und vergleichend anatomischen Arbeiten I.

Meine Herren! Wir wenden uns jetzt zur Besprechung von Goethes anatomischen und vergleichend anatomischen Studien. In einer der letzten Vorlesungen haben wir schon gehört, wie Goethe anfing, sich mit Anatomie zu beschäftigen, wie er auf der Universität bei Lobstein in Straßburg hörte, wie er durch Bekanntschaft mit Lavater und durch seine Teilnahme an den physiognomischen Fragmenten auf die Schädellehre und deren Bedeutung für die Physiognomik hingewiesen wurde, wie er in den Fragmenten schon eine Reihe von Tierschädeln kommentierte, wie er diese Anregung in seiner Korrespondenz mit Merck vertiefte und wie er dann bei Loder in Jena seine Kenntnis der menschlichen Anatomie in kurzer Zeit so weit auffrischte und erweiterte, daß er in Weimar Vorträge für Kunstschüler halten konnte. Von 1781 an werden nun diese anatomischen Beschäftigungen, welche sich damals überwiegend auf die Knochenlehre, die Osteologie, beschränken, mit Loder eifrigst fort-

gesetzt. Er studiert und zeichnet besonders Schädel der allerverschiedensten Tiere. Viele Jahre später hat Goethe über diese Studien angegeben, daß er schon damals auf einen allgemeinen Typus hingearbeitet habe; so schreibt er in den Annalen: „Ich war völlig überzeugt, ein allgemeiner durch Metamorphose sich erhebender Typus gehe durch die sämtlichen organischen Geschöpfe durch, lasse sich in allen seinen Teilen auf gewissen mittleren Stufen gar wohl beachten und müsse auch noch da anerkannt werden, wenn er sich auf der höchsten Stufe der Menschheit ins Verborgene bescheiden zurückzieht.“ Diese Angabe ist jedoch nur „cum grano salis“ zu nehmen. Goethe hat tatsächlich in diesen Jahren immer mehr die Vorstellung in sich befestigt, daß der Mensch und die Säugetiere in ihrem Aufbau einander im Prinzip ähnlich seien. Die Idee der Metamorphose hat er jedoch erst in Italien gewonnen, ihre Anwendung auf die vergleichende Anatomie und die Entwicklung der Lehre vom Typus läßt sich erst nach der Rückkehr nach Deutschland nachweisen und erfährt ihre erste Ausgestaltung in den Schriften seit 1790. Bei seinen Studien zur Schädellehre gelang es nun Goethe im März 1784, den Fund zu tun, der für sein ganzes wissenschaftliches Arbeiten und Denken entscheidend werden sollte. Er berichtet darüber an Herder: „Nach Anleitung des Evangelii muß ich Dich auf

das eiligste mit einem Glück bekannt machen, das mir zugestoßen ist. Ich habe gefunden — weder Gold noch Silber, aber was mir unsägliche Freude macht, das Os intermaxillare beim Menschen. Ich verglich mit Lodern Menschen- und Tierschädel, kam auf die Spur, und siehe da ist es . . . . es ist wie der Schlußstein, fehlt nicht, ist auch da! Aber wie! Ich habe mir's auch in Verbindung mit Deinem Ganzen gedacht, wie schön es da ist!" Der Zwischenkiefer, os intermaxillare, ist ein Knochen, der in den Oberkiefer eingelassen ist, und die Schneidezähne trägt. Er war damals bei der größten Mehrzahl der Säugetiere nachgewiesen und anerkannt, wurde von dem berühmtesten Anatomen der damaligen Zeit, dem Holländer Camper und von Blumenbach in Göttingen auch dem Affen zugeschrieben, dagegen sein Vorkommen beim Menschen geleugnet. Es sollte gerade das Fehlen dieses Knochens das charakteristische Unterscheidungsmerkmal zwischen Mensch und Affe abgeben. Diese Vorstellung erschien Goethe schon von vorne herein unwahrscheinlich. Er konnte nicht glauben, daß der Mensch in einem einzigen wichtigen Punkt so von der Bauart der Säugetiere abwich. Entscheidend war die Überlegung, daß der Mensch doch Schneidezähne besitze, während ihm der Knochen fehlen sollte, der diese Zähne trägt.

Nachdem Goethe seinen Fund gemacht hatte,

begnügte er sich nicht mit der Registrierung dieser Tatsache, sondern ging sofort daran, ihn auf das breiteste wissenschaftliche Fundament zu gründen. Zu diesem Zwecke machte er, und darin liegt das Bahnbrechende seiner Arbeit, in ausgedehntestem Maße von der vergleichenden Methode Gebrauch. Er verfolgte Lage und Form des Zwischenkiefers bei allen Tierschädeln, die er erreichen konnte. Selbst Sömmering in Kassel mußte ihm Schädel schicken, darunter den eines jungen indischen Elefanten, nach welchem genaue Zeichnungen gefertigt wurden (S. u. Fig. 5).

So entstand Goethes erste wissenschaftliche Abhandlung: „Versuch aus der vergleichenden Knochenlehre, daß der Zwischenknochen der oberen Kinnlade dem Menschen mit den übrigen Tieren gemein sei — Jena 1784.“ Die Bedeutung dieser Abhandlung geht weit darüber hinaus, daß in ihr der Zwischenknochen beim Menschen nachgewiesen und dadurch der vermeintliche Unterschied in der Bauart des Menschen und der Säugetiere beseitigt wird. Wir haben in ihr vielmehr zugleich die erste eigentliche vergleichend anatomische Abhandlung zu sehen, die geschrieben worden ist, und somit bildet sie einen Markstein in der Geschichte dieser Wissenschaft. Im allgemeinen wird Cuvier als der Begründer der vergleichenden Anatomie angesehen, und das mit vollem Recht, denn er vor allen hat in

seinem langen arbeitsreichen Leben die ganze riesige Masse der Grundtatsachen dieser Wissenschaft festgelegt. Als aber Goethe seine Arbeit über den Zwischenknochen vollendete, war Cuvier, der, in Mömpelgart geboren, auf der Karlsschule bei Stuttgart studierte, erst 15 Jahre alt, und hat erst später die Anregungen, die er auf der Karlsschule von seinem Lehrer Kielmeier empfing, in so großartiger Weise zu seinen zoologischen Studien in Paris verwendet.

Wir wollen nun den Inhalt von Goethes Schrift in aller Kürze kennen lernen. Der Autor geht aus von der Beschreibung des Zwischenknochens beim Pferd, wo er besonders gut ausgebildet ist und leicht erkannt werden kann. Im Anschluß hieran wird dann eine ausführliche lateinische Terminologie des Knochens gegeben, welche im wesentlichen von Loder entworfen worden ist. Jede Kante, jede Fläche, jede Öffnung im Knochen erhält ihren Namen, so daß es möglich ist, bei vergleichender Betrachtung der verschiedensten Tiere sich sofort an diesem Knochen zu orientieren. Die folgende Darstellung schließt sich dann ganz eng an die beigegebenen Abbildungen an. In der ursprünglichen Arbeit waren von Waiz gezeichnete Abbildungen vom Pferd, Ochsen, Fuchs, Löwen, dem jungen Walroß, Affen und Menschen beigegeben. Später sind dann noch Stiche nach dem Schädel des Rehs, Kamels, des auf

Celebes lebenden Schweines Babirussa, des Eisbären, Wolfs und erwachsenen Walrosses beigefügt worden. Goethe weist nun auf die Formänderungen hin, die der Knochen bei diesen verschiedenen Säugetieren erleidet. Bei den Wiederkäuern, die das Gras abraufen, fehlen die oberen Schneidezähne und der Knochen bildet vorn eine flache Platte, gegen die die Zähne des Unterkiefers sich legen; bei den Raubtieren, welche zur Nahrungsaufnahme von ihren Schneidezähnen kräftig Gebrauch machen, ist der Zwischenknochen stark entwickelt und an der Vorderseite des Gesichts gut entfaltet. Den Weg zum Menschen gewinnt nun Goethe durch die Betrachtung des jungen Walroßschädels. Bei diesem Tier ist das os intermaxillare in den Oberkiefer fast genau in der gleichen Weise eingelassen wie beim Menschen, nur daß es noch nicht mit dem Oberkieferknochen verwachsen ist. Die Gegenüberstellung des senkrecht durchschnittenen Oberkiefers vom Walroß und vom Menschen dient zur anschaulichen Illustrierung der Verhältnisse bei letzterem. In dem ursprünglichen Manuskript sind dabei die zum Zwischenkiefer gehörigen Knochenteile der größeren Deutlichkeit halber durch rote Färbung hervorgehoben. Goethe zeigt nun, daß ein kleiner Kanal, der den knöchernen Gaumen in der Mitte durchbohrt und durch den Gefäße und Nerven hindurchtreten, auch beim Menschen die Grenze zwischen Oberkiefer und

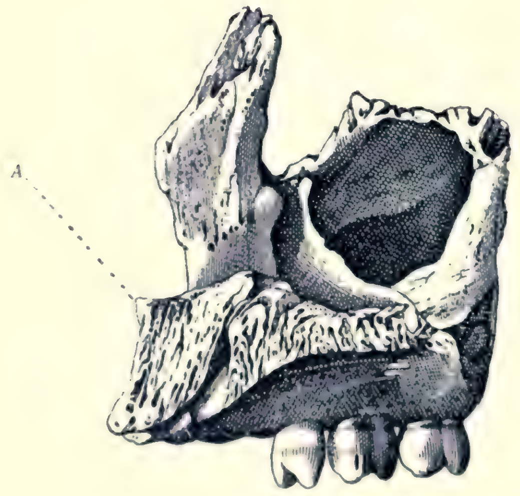


Fig. 4

Abbildung des menschlichen Oberkieferknochens von innen. Aus Goethe, Über den Zwischenkiefer des Menschen und der Tiere. Verh. der K. Leopold.-Karol. Akademie der Naturforscher Bd. 15. 1831.

Zwischenkiefer abgibt. (Fig. 4[1]) zeigt die rechte Hälfte des menschlichen Oberkiefers von innen gesehen. A ist der Zwischenkiefer, dessen hintere Grenze durch den erwähnten Kanal gebildet wird. Die Schneidezähne fehlen.) In vielen Fällen sieht man von der unteren Öffnung dieses Kanals eine feine Naht verlaufen, welche zwischen dem Eckzahn und dem äußeren Schneidezahn endet. Dagegen läßt sich an der Außenseite des Oberkiefers die Grenze nicht mehr feststellen. Hier findet in normalen Fällen schon in sehr frühen embryonalen Stadien die völlige Verwachsung statt, und Goethe nimmt an, daß der Grund hierfür darin zu suchen sei, daß die auf engem Raum entstehenden kräftigen Zahnbildungen nur auf diese Weise sicher zusammen gefaßt werden können. So findet er die Grenzen des Zwischenknochens auf der Unter- und Hinterseite desselben und zeigt durch den Vergleich mit dem Walroß, daß es sich hier tatsächlich um dasselbe Gebilde handeln müsse. Daß der Knochen an der Vorderseite verwächst, ist nichts mit seiner Sonderstellung Unvereinbares, weil auch bei Tieren gelegentlich Verwachsungen vorkommen. Der Schädel des Kasseler Elefanten (Fig. 5) zeigte den

[1]) In der Weimarer Goethe-Ausgabe sind die Abbildungen zur Zwischenkieferabhandlung in verkleinertem Maßstabe wiedergegeben. Am menschlichen Oberkiefer sind die wichtigsten Details dabei unkenntlich geworden. Es ist deshalb diese Figur hier in Originalgröße noch einmal abgedruckt.

Zwischenkiefer auf der einen Seite frei, auf der anderen verwachsen. Goethe begnügt sich aber nicht damit, seinen Knochen durch die Säugetierreihe zu verfolgen, sondern führt weiter an, daß er ihn auch bei Fischen, Amphibien, bei der Schildkröte und den Vögeln habe nachweisen können. Durch die ganze Reihe der Wirbeltiere hindurch ist er also, wenn auch in verschiedenster Ausbildung, vorhanden. „Welch eine Kluft zwischen dem os intermaxillare der Schildkröte und des Elefanten! Und doch läßt sich eine Reihe von Formen dazwischen stellen, die beide verbindet." Durch den Nachweis, daß der Zwischenknochen allen Säugetieren zukommt, gelangt Goethe auch zu einer besseren Definition der Schneidezähne. Obere Schneidezähne sind eben diejenigen, welche im Zwischenknochen sitzen. Dadurch kommt er dazu, auch dem Kamel und dem Walroß Schneidezähne zuzuschreiben, die bisher geleugnet worden waren. Schließlich wird dann noch darauf hingewiesen, daß die Ausbildung dieses Knochens für die Nahrungsaufnahme entscheidend ist, und daß auf diese Weise ein naher Zusammenhang zwischen seiner Form und seiner Funktion sich erkennen lasse.

Das ist der Inhalt von Goethes erster wissenschaftlicher Arbeit. Sie wurde sauber geschrieben, eine lateinische Übersetzung aus Loders Feder beigefügt, und dann wurde sie zusammen mit den

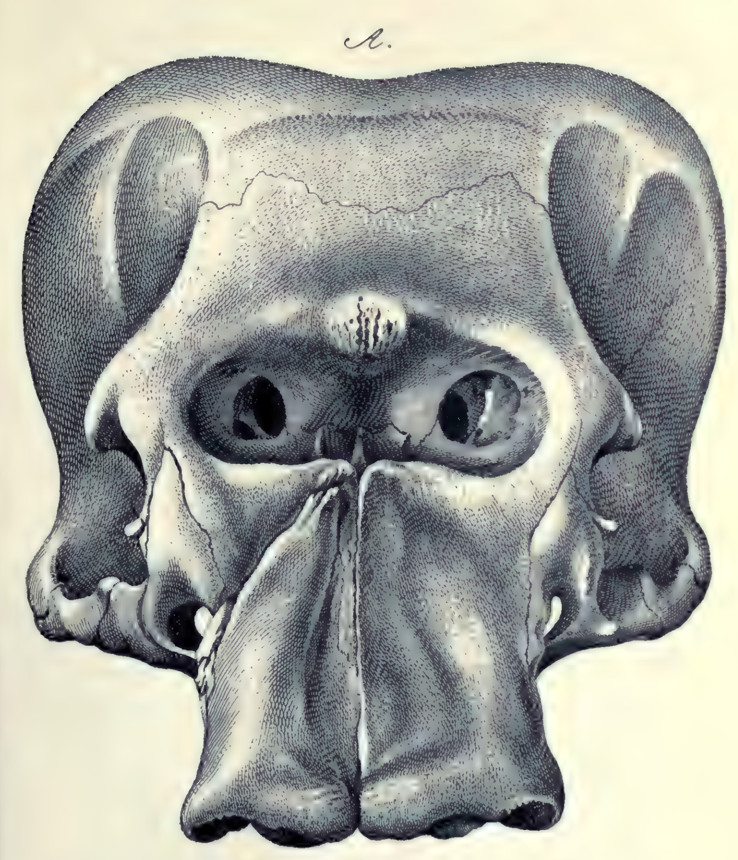


Fig. 5.

Schädel des jungen Kasseler Elefanten von vorne. Aus Goethe, Zur vergleichenden Osteologie (mit Zusätzen und Bemerkungen von Dr. Ed. d'Alton). Verhandl. der K. Leopold.-Karol. Akademie der Naturforscher Bd. 12. 1824.

Zeichnungen am 19. Dez. 1784 an Merck nach Darmstadt geschickt. Dieser sandte sie nach Cassel zu Sömmering und von da ging sie zu Camper nach Stavoren in Holland, wo sie aber erst nach $^3/_4$ Jahren eintraf. Das Manuskript und die Tafeln blieben nach Campers Tode in Holland und gelangten von dort erst 1894 durch Schenkung ins Goethearchiv zurück. Sömmering war keineswegs von der Richtigkeit von Goethes Ansicht zu überzeugen. Dieser berichtet an Merck: „Von Sömmering habe ich einen sehr leichten Brief; er will mir gar ausreden, ohe!“ Sehr viel ernster nahm Camper die Angelegenheit. Er prüfte das Behauptete sofort sorgfältig nach, erkannte, wie er an Merck berichtete, die Anwesenheit des Knochens beim Walroß, wo er noch nicht bekannt war, rückhaltlos an, erklärte aber nach wie vor, beim Menschen sei kein Zwischenknochen vorhanden. Goethe hat damals schwer unter diesen Enttäuschungen gelitten. Es ist dies der Grund, weshalb er lange Jahre nichts Anatomisches wieder publiziert hat und die Abhandlung über den Zwischenknochen auch zunächst nicht drucken ließ. Es war die erste derartige Erfahrung, die Goethe noch so oft machen sollte. Später schreibt er hierüber: „Nun zeugt es freilich von einer besonderen Unbekanntschaft mit der Welt, von einem jugendlichen Selbstsinn, wenn ein laienhafter Schüler den Gildemeistern zu widersprechen wagt, ja was noch thöriger ist, sie

zu überzeugen gedenkt. Fortgesetzte vieljährige Versuche haben mich eines andern belehrt, mich belehrt: daß immerfort wiederholte Phrasen sich zuletzt zur Überzeugung verknöchern und die Organe des Anschauens völlig verstumpfen. Indessen ist es heilsam, daß man dergleichen nicht allzu zeitig erfährt, weil sonst jugendlicher Frei- und Wahrheitssinn durch Mißmut gelähmt würde."

Trotzdem konnten sich aber auch die Fachgelehrten dem schließlichen Durchdringen der Goetheschen Anschauungen nicht entgegenstellen. Daß Loder den Befund im Jahre 1788 in sein anatomisches Handbuch aufnahm, ist selbstverständlich. Aber auch Sömmering erwähnte das Vorhandensein des Zwischenkiefers 1791 in seinem Buch vom Bau des Menschen. Blumenbach stemmte sich viel länger gegen Goethes Entdeckung. Erst nachdem er selbst in einigen abnormen Fällen sich von dem isolierten Vorkommen des os intermaxillare auch beim Menschen überzeugt hatte, bekannte er sich zu Goethes Anschauung. Er hatte bei einem wasserköpfigen Kind den Zwischenkiefer gesondert gefunden, studierte dann besonders die Fälle von doppelseitiger Hasenscharte und Wolfsrachen, bei denen der Zwischenkiefer nicht mit dem Oberkiefer verwächst und durch breite Spalten, welche zwischen Eckzahn und seitlichem Schneidezahn hindurchgehen, vom Oberkiefer getrennt bleibt. Besonders

instruktiv war ihm ein von Langenbeck operierter Athlet, bei welchem der Zwischenkiefer stark aus dem Gesicht heraustrat. Blumenbach schickte Zeichnungen dieses Mannes vor und nach der Operation als interessanten Beitrag zur Zwischenknochenfrage an Goethe. So konnte schließlich an der Richtigkeit des Befundes ein Zweifel nicht mehr obwalten.

In den zwei nachfolgenden Jahren hat Goethe seine Zwischenkieferstudien noch fortgesetzt und genaue Beschreibungen dieses Knochens bei den verschiedensten Säugetieren aufgezeichnet. Besonders der Casseler Elefant wurde noch eingehend untersucht. Dabei fand sich, daß der Eckzahn (Stoßzahn), welcher scheinbar im Zwischenknochen sitzt, in Wirklichkeit, wie es der osteologischen Regel entspricht, dem Oberkiefer angehört, denn eine feine Knochenlamelle schlingt sich von diesem um die Wurzel des Stoßzahnes herum.

Goethe hat, wie wir gehört haben, seine Abhandlung zunächst nicht veröffentlicht. Das Resultat wurde hauptsächlich durch die Citate in Loders und Sömmerings Werken der ganzen Welt bekannt. Gedruckt wurde die Schrift erst 1820, als Goethe sie in erweiterter Form in seinen Heften zur Morphologie erscheinen ließ. Doch war auch diese Publikation unvollständig, da die Abbildungen fehlten. Diese erschienen erst sehr viel später in den Verhandlungen der Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen

Akademie der Naturforscher. Im Jahre 1824 ließ Goethe dort die vier Abbildungen vom Schädel des jungen Casseler indischen Elefanten [1]) und gleichzeitig zwei Schädelbilder eines erwachsenen afrikanischen Elefanten aus der Jenaer Sammlung abdrucken; d'Alton schrieb den begleitenden Text hierzu. Erst 1831 wurde dann die Zwischenkieferabhandlung mit den dazu gehörigen Figuren im 15. Band dieser Zeitschrift veröffentlicht. Jetzt sind die Abbildungen mit Ausnahme der Elefantenschädel in der Weimarer Ausgabe in verkleinerter Form reproduziert.

Auch in der Folgezeit, vor und nach der italienischen Reise hören wir von fortgesetzten Einzeluntersuchungen Goethes. Er studierte unter anderm die Anatomie der Halswirbel durch die Säugetierreihe von den einfachsten und gedrungensten Bildungen beim Walfisch, wo sie zu einem einzigen Knochen verwachsen, bis zu ihrer mächtigsten Entfaltung im Halse der Giraffe. Um nun bei diesen und ähnlichen Studien die Resultate stets übersichtlich zur Hand zu haben, legte er sich eine Tabelle an, für die mehrfache Entwürfe erhalten sind. Die Anordnung war derart, daß er vertikal untereinander die verschiedenen Knochen vom Schädel und den Halswirbeln herunter bis zu den Schwanzwirbeln und den Extremitätenknochen der Reihe nach schrieb

[1]) Die erste dieser Abbildungen ist oben S. 111 als Fig. 5 wieder abgedruckt.

und horizontal die Namen der verschiedenen von ihm studierten Tiere (Löwe, Biber, Dromedar, Büffel, Bär, Schwein, Elend) anordnete. Dann fügte er seine Einzelbefunde jedesmal an der richtigen Stelle ein. So war ihm die Übersicht über den Knochenbau der Säugetiere außerordentlich erleichtert. In jeder Horizontalreihe fand sich die Form irgend eines Knochens, z. B. des Zwischenkiefers, des 7. Halswirbels oder des Oberschenkelknochens durch die ganze Säugetierreihe hindurch mit allen ihren Abwandlungen angegeben (vergleichend anatomische Betrachtung), in jeder Vertikalreihe fanden sich alle Knochen ein und desselben Tieres, so daß man z. B. die Formänderung der Wirbel an der Wirbelsäule des Büffels mit einem Blick übersehen konnte (simultane Metamorphose). Diese systematischen Untersuchungen wurden höchst wahrscheinlich im Anschluß an die Idee der Pflanzenmetamorphose ausgeführt. Sie bilden die Vorarbeiten für die seit 1790 verfaßten vergleichend anatomischen Schriften.

Bevor wir jedoch zur Besprechung dieser Arbeiten übergehen, müssen wir noch eines Forschungsergebnisses gedenken, zu dem Goethe in diesen Jahren im Anschluß an seine Studien über die Wirbelsäule gelangte. Ebenso wie er auf botanischem Gebiete die komplizierten und zusammengedrängten Formen von Blüte und Frucht auf die einfacheren Metameren,

die Blätter, zurückführen konnte, so gewann er bei Betrachtung des kompliziert gebauten und zusammengedrängten Schädels die Anschauung, daß derselbe, da er die Fortsetzung der Wirbelsäule nach vorne bildet und, wie diese das Rückenmark, so das mächtig ausgebildete Gehirn umschließt, auch entsprechend der Wirbelsäule aus metamorphosierten Wirbeln zusammengesetzt sei. Es hatte sich in ihm allmählich die Überzeugung befestigt, daß man in dem hinteren Teil des Schädels, wo er sich an die Wirbelsäule anschließt, zunächst drei solcher Wirbel unterscheiden könne: das Hinterhauptsbein, das hintere und das vordere Keilbein. Als er dann im Jahre 1790 auf den Dünen des Lido, welche die venezianischen Lagunen von dem Adriatischen Meer sondern, sich oftmals erging, fand er einen so glücklich geborstenen Schafschädel, bei dessen Betrachtung ihm intuitiv durch einfache Anschauung die Erkenntnis aufging, daß noch drei weitere Wirbel im Schädel enthalten seien, das Gaumenbein, der Oberkiefer und der Zwischenknochen. Er konnte gleichzeitig an diesem Schöpsenschädel besonders deutlich erkennen, wie die charakteristische Gestaltsänderung dieser metamorphosierten Wirbelmassen durch die am Kopf zu so mächtiger Entwicklung gelangten höheren Sinneswerkzeuge, die Organe des Gesichts, Gehörs und Geruchs beeinflußt wird. Es befestigte sich damit zugleich sein alter

durch Erfahrung bestärkter Glauben, „welcher sich fest darauf begründet, daß die Natur kein Geheimnis habe, was sie nicht irgendwo dem aufmerksamen Beobachter nackt vor Augen stellt“. Das ist die berühmte Wirbeltheorie des Schädels, nach welcher also dieser Skeletteil ursprünglich ebenso wie die Wirbelsäule aus Metameren zusammengesetzt sein soll; und zwar glaubte Goethe sechs metamorphosierte Wirbel im Schädel erkennen zu können.

Trotzdem er in den folgenden Jahren die vergleichende Anatomie der Schädelknochen besonders bearbeitete, hat er die Wirbeltheorie des Schädels zunächst nicht weiter gefördert und ließ sie schließlich liegen, weil ihre Durchführung im einzelnen sehr erhebliche Schwierigkeiten bot. Als nun im Jahre 1807 der Anatom Oken von Göttingen nach Jena berufen wurde, entwickelte er in seiner akademischen Antrittsrede ebenfalls eine Theorie des Schädels, welche der Goetheschen außerordentlich nahe kam. Es war der Vortrag aber derartig mit naturphilosophischen Spekulationen gewürzt, daß Goethe später das Okensche Programm als tumultuarisch und vollständig unreif bezeichnen konnte. Oken hat diesen Vortrag an Goethe geschickt, beiden Männer haben sogar mündlich darüber verhandelt. Aber auch jetzt veröffentlichte Goethe nichts über seine Wirbeltheorie. Erst als er 1817

bis 1820 seine morphologischen Hefte herausgab, erwähnte er ganz kurz seine 20 Jahre zurückliegenden Ideen. In der Folge kam er noch gelegentlich darauf zurück. Es entwickelte sich daraus eine Art von Polemik, die aber erst nach Goethes Tode gehässige Formen annahm. Schelling zieh Oken direkt des Plagiats und dieser wies in seiner Antwort nicht nur eine solche Unterstellung zurück, sondern beschuldigte seinerseits wieder Goethe, daß er die Wirbeltheorie von ihm entlehnt habe. Heute kann über den Tatbestand ein Zweifel nicht mehr obwalten. Goethe hat, wie aus gleichzeitigen Briefen an seine Freunde hervorgeht, im Jahre 1790 die Wirbeltheorie des Schädels konzipiert. Ihm gebührt daher die Priorität. Es ist aber auch Oken völlig selbständig zu dieser Anschauung gelangt und ihm gebührt das Verdienst, sie zuerst in wissenschaftlicher Form publiziert zu haben.

Die Wirbeltheorie des Schädels hat sich in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts als eine Arbeitshypothese von allerhöchstem Wert erwiesen. Fast alle die zahlreichen Forschungen, welche über die Anatomie des Kopfes ausgeführt wurden, gingen von dieser Theorie aus oder suchten sie zu widerlegen. Schon 1824 konnte Carus an Goethe ein vollständiges Schema dazu übersenden. Die letzte eingehende Begründung lieferte 1847 Richard Owen. Es muß hier aber daran erinnert werden, daß Goethe

selbst in späteren Jahren sich sehr vorsichtig über diese seine Schädeltheorie ausgesprochen hat. Er fand sie schon 1820 sehr schwierig und nicht im einzelnen durchzuführen: „Im Ganzen läßt sich's aussprechen, aber nicht beweisen, im Einzelnen läßt sich's wohl vorzeigen, doch bringt man es nicht rund und fertig." Diese Skepsis hat sich in der Folgezeit als berechtigt erwiesen. 1858 wurde die Theorie von Huxley aufs schärfte bekämpft und es ist heute ein Zweifel nicht mehr möglich, daß sie in der von Goethe aufgestellten Form in keiner Weise haltbar ist. Die Verhältnisse des Schädelbaues liegen so kompliziert, daß man an ihm eine ursprüngliche Gliederung in einzelne Wirbel nicht mehr nachweisen kann. Dagegen scheint allerdings der Goethesche Grundgedanke, daß man nämlich den Kopf als aus einzelnen Metameren zusammengesetzt sich vorstellen könne, zu Recht zu bestehen. Gegenbaurs Segmenttheorie des Schädels ist der erste Versuch, diese Anschauung vergleichend anatomisch zu begründen, und es scheint, als ob man sowohl an der Muskulatur wie am Nervensystem des Kopfes noch Reste einer ursprünglichen Gliederung erkennen könne. Speziell bei niedern Fischen läßt sich dieses nachweisen. Doch wird über all diese Dinge bis auf die neueste Zeit unter den Anatomen noch lebhaft polemisiert.

Dieser kurze Exkurs sollte zeigen, daß die Goethesche Wirbeltheorie des Schädels, wenn sie sich auch in den Einzelheiten, wie ihr Schöpfer selber erkannte, nicht hat durchführen lassen, doch die Forschung über die Anatomie des Schädels und des Kopfes in vielfältiger Weise beeinflußt und befruchtet hat, und daß die grundlegende Auffassung, welche in ihr enthalten ist, auch heute noch wissenschaftliche Gültigkeit besitzt.

Damit verlassen wir dieses spezielle Gebiet und wenden uns nun wieder Goethes allgemeineren vergleichend anatomischen Arbeiten zu.

In ihnen überträgt er die Fortschritte der Erkenntnis, die er bei der Ausbildung der Lehre von der Pflanzenmetamorphose gemacht hat, auf das Studium der tierischen Form, und in demselben Jahre 1790, in welchem er seine botanische Abhandlung veröffentlicht, entwirft er im schlesischen Lager, inmitten des militärischen Trubels, wohin er seinen Herzog begleitete, den „Versuch über die Gestalt der Tiere“, der nur ein Fragment geblieben ist, aber trotzdem den großen Fortschritt erkennen läßt, den Goethes morphologische Anschauungen in den letzten Jahren gemacht haben. Er beschränkt sich in diesem Aufsatz auf das Studium des Säugetierskeletts, dessen vergleichende Anatomie darin begründet wird. Er geht davon aus, daß die Skelette der Säugetiere und auch das des Menschen

sehr große Ähnlichkeiten miteinander zeigen. Wenn man aber mit Erfolg Vergleichungen vornehmen will, so muß zunächst eine einheitliche Nomenklatur geschaffen werden und es dürfen nicht mehr, wie es vielfach geschieht, ganz verschiedene Skeletteile mit gleichen Namen belegt werden. Man darf z. B. nicht das Gelenk zwischen Vorderarm und Handwurzel beim Pferd als Kniegelenk bezeichnen. Wenn man nun eine einheitliche Nomenklatur besitzt, auf Grund deren man die vergleichende Methode anwenden will, so frägt sich's, was denn als tertium comparationis benutzt werden soll. Goethe spricht in diesem Aufsatz die Ansicht aus, daß man dazu nicht irgend ein willkürlich gewähltes, ein in der Natur vorkommendes Säugetierskelett nehmen dürfe, sondern daß man ein möglichst einfaches Schema des Knochengerüsts der Säugetiere ausbilden müsse, auf das sich alle in der Natur vorkommenden Formen zwanglos zurückführen lassen. Ein solches Schema nennt Goethe den Typus. Wir sehen ihn also hier dieselben Überlegungen anstellen, wie beim Studium der Pflanzenform, wo er auch nicht eine in der Natur vorkommende, sondern eine schematische Urpflanze seinen Betrachtungen zugrunde legt. Es soll also ein osteologischer Typus konstruiert werden, eine Aufgabe, die natürlich nicht leicht zu lösen ist. Goethe selbst spricht von der großen „Schwierigkeit, den Typus

einer ganzen Klasse im Allgemeinen festzusetzen, so daß er auf jedes Geschlecht und jede Species paßt; da die Natur eben nur dadurch ihre genera und spezies hervorbringen kann, weil der Typus, welcher ihr von der ewigen Notwendigkeit vorgeschrieben ist, ein solcher Proteus ist, daß er einem schärfsten vergleichenden Sinne entwischt und kaum teilweise und doch nur immer gleichsam in Widersprüchen gehascht werden kann." Die Konstruktion des Typus ist aber trotzdem durchführbar, weil eben alle Säugetiere tatsächlich nach einem einheitlichen Schema gebaut sind. Goethe selbst hatte ja früher nachgewiesen, daß der Zwischenkiefer entgegen der herrschenden Lehre auch beim Walroß und beim Menschen vorhanden ist. Er macht jetzt darauf aufmerksam, daß auch Tränen- und Nasenbein sich beim Elefanten, wo man sie vermißt hatte, auffinden lassen, und führt einige scheinbare Ausnahmen von dem gemeinsamen Bauplan der Säugetiere auf ihre wahre Bedeutung zurück. Hat man nun nach diesen Gesichtspunkten einen Typus konstruiert, so ist durch Vergleichung in jedem einzelnen Fall zu ermitteln, welche Veränderungen irgend ein beliebiges Säugetierskelett gegenüber dem Typus aufweist. Mit Beispielen für diese allgemeinen Erörterungen bricht das Fragment ab, und Goethe hat erst 4 Jahre später wieder etwas Zusammenfassendes auf diesem Gebiete geschrieben, wenn auch seine

osteologischen Detailstudien fortgesetzt wurden. Im Jahre 1794 entstand dann der „Versuch einer allgemeinen Knochenlehre“, in welchem Goethe beginnt, die in dem „Versuch über die Gestalt der Tiere“ dargelegten allgemeinen Grundsätze im einzelnen auszuführen. Anknüpfend an die Tabelle, welche er sich schon vorher für die vergleichende Untersuchung der einzelnen Knochen verschiedener Säugetiere angelegt hatte, liefert er zunächst eine genaue vergleichend anatomische Beschreibung fast sämtlicher Schädelknochen, indem er mit dem Zwischenkiefer beginnend ihre Formänderungen durch die ganze Säugetierreihe hindurch genau darlegt. Hierbei erweist sich ihm ein Prinzip als fruchtbringend, das er schon bei den Zwischenkieferforschungen angewendet hatte. Ebenso, wie er den scheinbar einheitlichen Oberkiefer des Menschen in den Oberkiefer und den Zwischenkiefer zerlegte, so betrachtet er jetzt auch das Keilbein als aus zwei, das Schläfenbein als aus drei Teilstücken bestehend, von denen jedes seine eigene vergleichend anatomische Beschreibung finden muß. Goethe hat die vergleichende Anatomie des Skeletts zunächst nicht weiter durchgeführt, hat aber später noch Aufsätze über „Ulna und Radius“ (Elle und Speiche des Vorderarmes) und über „Tibia und Fibula“ (Schienbein und Wadenbein des Unterschenkels) geschrieben, in denen er diese

Knochen in ihren Formwandlungen bei den Säugetieren verfolgt. Er findet, daß bei den verschiedenen Tieren diese Knochen sehr verschieden entwickelt sind, je nach den Funktionen, zu denen sie dienen. Wird große Beweglichkeit von ihnen verlangt, so finden sie sich in vollendeter Ausbildung und mit entsprechenden Gelenken versehen. Dienen sie aber hauptsächlich der Stützfunktion, so können sie sogar zu einer einzigen feststehenden Säule verwachsen. Dieser Zusammenhang zwischen Form und Funktion erweist sich für Goethe überhaupt als ein sehr brauchbarer leitender Gedanke zum Verständnis der tierischen Formverschiedenheiten.

Das folgende Jahr bringt uns dann den umfassendsten Aufsatz Goethes zur tierischen Morphologie, in dem er seine ganze Auffassung in übersichtlicher Form dargelegt hat. Die Entstehungsgeschichte dieses Werkes wurde schon kurz erwähnt. Goethe hörte im Januar 1795 mit Humboldt und Meyer bei Loder anatomische Demonstrationen und entwickelte im Anschluß daran den Freunden die Vorstellungen, die er sich selbst über tierische Form und Formbildung gemacht hatte. Diese Ausführungen schienen nun Alexander v. Humboldt von solcher Bedeutung zu sein, daß er in Goethe drang, sie aufzuzeichnen und so diktierte dieser dem jungen Jacobi den „Ersten Entwurf einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie,

ausgehend von der Osteologie". Im folgenden Jahre hat er die ersten drei Vorträge dieses Entwurfs näher ausgeführt.

Als Goethe 1820 in seinen Heften zur Morphologie diese Vorträge zuerst abdruckte, setzte er ihnen folgende Verse als Motto voran:

Freudig war, vor vielen Jahren,
Eifrig so der Geist bestrebt,
Zu erforschen, zu erfahren,
Wie Natur im Schaffen lebt.
Und es ist das ewig Eine,
Das sich vielfach offenbart;
Klein das Große, groß das Kleine,
Alles nach der eignen Art.
Immer wechselnd, fest sich haltend,
Nah und fern und fern und nah;
So gestaltend, umgestaltend. —
Zum Erstaunen bin ich da.

Wir haben es hier mit Goethes bedeutendstem morphologischen Werk zu tun, welches alles vorherige in vertiefter Form enthält. Ich brauche Ihnen daher nicht alles zu wiederholen, was hier nochmals ausgeführt ist, sondern nur einige Hauptpunkte herauszugreifen. Goethe geht davon aus, daß alle Naturgeschichte auf Vergleichung beruhen müsse, und daß man die kompliziertesten tierischen Gestalten wie die des Menschen nur dann verstehen könne, wenn man sie auf einfachere Formen zurückführt. Zum Zwecke solcher Vergleichung muß zunächst ein Typus konstruiert werden, indem die Erfahrung uns vorerst

die Teile lehren muß, die allen Tieren gemein sind, und wenn man dann weiß, welche Organe und Teilstücke sich durch die ganze Tierreihe vorfinden, muß man zusehen, worin diese Teile untereinander und bei den verschiedenen Arten verschieden sind. „Die Idee muß über dem Ganzen walten und auf eine genetische Weise das ganze Bild abziehen." Während Camper und Buffon immer nur einzelne Tiere und Tierklassen miteinander verglichen haben, will Goethe die Gesamtheit der tierischen Formen in den Kreis seiner Betrachtungen ziehen, indem er aus ihnen allen zunächst eine kontinuierliche Reihe bildet, welche von den einfachsten bis zu den kompliziertesten Formen aufsteigt. Mit Hilfe dieser Reihe und unter steter Benutzung des konstruierten Typus ist dann eine rationelle Vergleichung möglich. Man kann die einzelnen Tierarten und den Menschen untereinander vergleichen, man kann innerhalb ein und derselben Art die beiden Geschlechter miteinander vergleichen und so ihre Geschlechtsunterschiede ermitteln, man kann drittens bei ein und demselben Individuum die einander entsprechenden Körperteile, wie Ober- und Unterextremitäten, verschiedene Wirbel usw., nach der vergleichenden Methode studieren. Bevor nun Goethe an die Konstruktion seines Typus geht, entwickelt er ein ganz allgemeines Schema der tierischen Form, das zunächst für alle Wirbeltiere gilt, aber sich auch

auf die höheren Wirbellosen, Insekten, Crustaceen, Würmer mitbezieht. Er zerlegt den tierischen Körper in drei Teile. Der Kopf ist das Vorderende des Tieres; seine Entwicklung ist dadurch bedingt, daß hier die wichtigsten Sinnesorgane sich vorfinden: Auge, Ohr, Geruchs- und Geschmacksorgan. Durch die Ausbildung dieser Sinneswerkzeuge wird nun das Zentralnervensystem an dieser Stelle besonders mächtig entfaltet; es kommt zur Ausbildung des Gehirns. Zum Schutz für die Sinnesorgane und das Gehirn wird auch das Skelett des Kopfes in besonderer Weise modifiziert; es funktioniert als Schutz- und Stützorgan und wird zum Schädel. Der mittlere Teil des tierischen Körpers enthält die „Organe des inneren Lebensantriebes", des Kreislaufes und der Atmung. So liegen beim Säugetier das Herz und die Lunge im Brustkorb. In dem hinteren Teil des Tieres befinden sich die Organe der Nahrung, also Darm, Magen, Leber usw., und der Fortpflanzung. Dieses allgemeine Tierschema wird nun noch ergänzt durch Hilfsorgane zur Bewegung, welche aber nach Goethe nur im mittleren und im hinteren Teil angegliedert werden. Im Anschluß an diese ganz allgemeine Einteilung löst nun Goethe endlich die Aufgabe, die er sich seit Jahren vorgenommen hat; er gibt eine ganz genaue Aufstellung des Typus für das ganze Skelett, liefert also hiermit die tatsächliche Grundlage für

eine vergleichende Knochenlehre. Daran schließt er eine Erörterung der Abweichungen, welche im Einzelfalle von diesem Typus vorkommen können; es können bei bestimmten Tieren Gebilde verknöchert sein, welche bei andern nur im knorpeligen oder bindegewebigen Zustand vorhanden sind; es können in einzelnen Fällen Knochen miteinander verwachsen sein, welche bei andern noch getrennt vorkommen; es können, wie z. B. im Schädel, Knochen, welche bei einigen Tieren aneinander grenzen, bei andern durch den Fortsatz eines dritten Knochens auseinandergedrängt werden; es können alle möglichen Verschiedenheiten in der Zahl der Knochen vorkommen, wie z. B. die Zahl der Schwanzwirbel bei den verschiedenen Tieren eine außerordentlich wechselnde ist; es können sehr weitgehende Unterschiede in der Größe und in der Form der Knochen auftreten. Im Einzelfalle sind also die größten Änderungen möglich, und es ist oft außerordentlich schwierig, ihn auf den Typus zurückzuführen. Da weist nun Goethe darauf hin, daß das sicherste Kriterium zur Erkennung eines Knochens sein Platz sei, daß die Knochen in der Tierreihe wohl Form, Größe und ihre andern Eigenschaften ändern, den Platz im Skelett aber mit großer Zähigkeit festhalten. So ist es möglich, im Zweifelsfalle Klarheit über die Bedeutung eines bestimmten Knochen zu bekommen. Bei der Vergleichung findet man gelegentlich auch

Teile im Zustand hochgradigster Rückbildung, rudimentäre Organe, welche eine Funktion nicht mehr besitzen. Auch über deren Bedeutung spricht sich Goethe aus. Er rügt an Buffon, daß er unnütze Teile im Tier passieren läßt: „unnütz nach außen, ja, aber notwendig nach innen". Die rudimentären Organe haben allerdings keine äußere Funktion mehr, wie z. B. der Blinddarm der Fleischfresser und die Schwanzwirbel des Menschen. Sie sind aber notwendig bedingt dadurch, daß sie zum Typus gehören, daß sie, wenn auch in verkümmerter Form, da sein müssen, weil kein Tier die Schranken seines Typus durchbrechen kann.

Das ist im wesentlichen der Inhalt von Goethes größeren vergleichend-anatomischen Schriften. Wir wollen nun, gerade wie bei Besprechung der botanischen Werke, uns in der nächsten Vorlesung die Frage vorlegen, welches die in diesen Werken enthaltenen grundlegenden Gesichtspunkte sind und welche für Goethe charakteristischen Anschauungen sich in ihnen finden lassen.

Sechste Vorlesung.

Die osteologischen und vergleichend anatomischen Arbeiten II.

Meine Herren! Die Methode, nach der Goethe auf vergleichend-anatomischem Gebiet zu Werke geht, ist, wie schon mehrfach betont, derjenigen ganz ähnlich, die er zu seinen botanischen Studien verwendete. Er stellt sich zunächst aus den Einzelerscheinungen eine kontinuierliche Reihe her, welche von den einfachsten bis zu den kompliziertesten Formen fortschreitet, und erst wenn er diese hat, wendet er das Mittel der Vergleichung an, da sich erst dann mit Sicherheit erkennen läßt, welche Dinge tatsächlich miteinander verglichen werden können. Bei den Formänderungen, die er so durch Vergleichung bei den verschiedenen Tieren und bei den verschiedenen Teilstücken desselben Tieres feststellen kann, ergibt sich nun als leitender Gesichtspunkt, der durch alle seine einschlägigen Arbeiten hindurchgeht, der Zusammenhang zwischen Form und Funktion. Schon beim Zwischenkiefer hatte Goethe gefunden, daß die Ausbildung dieses Knochens aufs engste mit den Nahrungsgewohnheiten des Tieres verknüpft

ist, und er sah, wie wir gehört haben, ähnliche Beziehungen auch bei andern Skeletteilen obwalten.

Um aber eine ganz einheitliche Betrachtung in dieses Gebiet der Gestaltenlehre zu bringen und um aus ihr die Wissenschaft der Morphologie zu schaffen, bedurfte es einer gemeinsamen Grundlage für die Vergleichung, und diese ist für Goethe der Typus, den er nach sorgfältiger Erforschung der in der Natur vorkommenden Einzelformen aus diesen konstruiert und den er für alle weiteren Vergleichungen zum Ausgang nimmt. Diese vergleichende Formbetrachtung unter Zugrundelegung eines schematischen Typus ist der wesentliche Inhalt von Goethes Morphologie. Bei der Betrachtung der tierischen Form gliedert sich diese zunächst in vergleichende Anatomie, d. h. das Studium der Formwandlung von einer Tierart zur andern, und in das Studium der simultanen Metamorphose, d. h. der Formänderung bei ein und demselben Tiere von einem Metameren zum andern.

Zunächst geht also Goethe so vor, daß er das allen Tieren Gemeinsame festzustellen sucht; wenn er dies hat, schlägt er den umgekehrten Weg ein und sieht zu, welche Formänderung nun diese gemeinsamen Bestandteile in den verschiedenen Einzelfällen erleiden. Diese Anschauung des Naturforschers ist auch für den bildenden Künstler von größter Wichtigkeit. Nach Goethes Ansicht kann der Künstler

nur dann mit der Natur wetteifern, wenn er die Art, wie sie bei Bildung ihrer Werke verfährt, ihr wenigstens einigermaßen ablernt. Auch er muß den Typus zugrunde legen und dann die Abweichungen suchen, wodurch Charaktere entstehen. Die Bildwerke der Antike stehen deshalb so unerreicht da, weil die alten Künstler auf Grund genauen Naturstudiums immer das Typische zur Grundlage ihrer so charakteristischen Figuren genommen haben.

Goethe ist aber nicht dabei stehen geblieben, die unendliche in der Natur vorkommende Formverschiedenheit nur dadurch meistern zu wollen, daß er sie auf den Typus zurückführte. Er hat sich auch die weitere Frage vorgelegt, wie es denn komme, daß die einzelnen Tiere jedes für sich so vollkommen harmonisch ausgebildet seien. Um dies zu erklären, stellte er sein Gesetz von der Korrelation der Teile auf, das von ihm herrührt und sich als außerordentlich fruchtbringend für die Fortentwicklung der Wissenschaft erwiesen hat. Er betrachtet den Organismus nicht nur als ein Konglomerat seiner einzelnen Teilstücke, sondern nimmt gesetzmäßige Wechselbeziehungen zwischen ihnen an, zunächst in physiologischer Hinsicht. Hier wissen wir heute, daß die Tätigkeit der verschiedenen Organe in engster Abhängigkeit voneinander steht, daß für ein gutes Funktionieren des Gehirns oder der Leber notwendigerweise das Herz eine kräftige Blutzirkulation

bewirken muß, daß die chemische Tätigkeit der Leber in entscheidender Weise die Nierenfunktion beeinflußt, und daß Erkrankungen der Niere wieder zu bestimmten Änderungen im Herzen Anlaß geben. Goethe beschränkte aber sein Gesetz von der Korrelation der Teile nicht allein auf die physiologischen Wechselbeziehungen; er gab ihm vielmehr auch einen entwicklungsphysiologischen Sinn. Er nahm nämlich an, daß jedes Tier bei seiner Entwicklung eine bestimmte unveränderliche Summe von Entwicklungsmöglichkeiten mitbekomme, daß, wenn irgend ein Organsystem besonders mächtig ausgebildet wird, dafür an irgend einer andern Stelle des Körpers gespart werden müsse, und „daß keinem Teil etwas zugelegt werden könne, ohne daß einem andern dagegen etwas abgezogen werde, und umgekehrt". Jedes Tier bekommt von vornherein einen bestimmten Etat, mit dem es haushalten muß, den es aber im einzelnen auf die verschiedenen Körperteile und Organsysteme nach Bedarf verteilen kann. „Um nun jene Idee eines haushälterischen Gebens und Nehmens anschaulich zu machen, führen wir einige Beispiele an. Die Schlange steht in der Organisation weit oben. Sie hat ein entschiedenes Haupt mit einem vollkommenen Hilfsorgan, einer vorne verbundenen unteren Kinnlade. Allein ihr Körper ist gleichsam unendlich, und er kann es deswegen sein, weil er weder Materie noch Kraft auf Hilfsorgane zu ver-

wenden hat. Sobald nun diese in einer andern Bildung hervortreten, wie z. B. bei der Eidechse nur kurze Arme und Füße hervorgebracht werden, so muß die unbedingte Länge sogleich sich zusammenziehen und ein kürzerer Körper stattfinden. Die langen Beine des Frosches nötigen den Körper dieser Kreatur in eine sehr kurze Form, und die ungestaltete Kröte ist nach eben diesem Gesetze in die Breite gezogen." So sorgt das Gesetz von der Korrelation der Teile dafür, daß keine Monstra entstehen können.

Welches sind nun aber die treibenden Kräfte für die Formänderungen in der Tierreihe? Hier nahm Goethe gerade wie auf botanischem Gebiet zwei Reihen von Faktoren an, innere und äußere. Einen inneren Drang nämlich, der dem Typus innewohnen soll und dazu führt, daß dieser sich in möglichst viel verschiedenen Formen verkörpere, eine Versalität des Typus, ein inneres Bestreben, möglichst viel verschiedene Varietäten hervorzubringen. Zweitens aber sieht er auch äußere Ursachen am Werke. Dieser Teil seiner Formbildungslehre ist für Goethes ganze Vorstellungsweise außerordentlich charakteristisch. Er zeigt uns, wie der Poet in jedem Falle, auch wenn das Wissen der Zeit nur sehr kärgliches Material darbot, auf eine greifbare und anschauliche Vorstellung hindrängte, und wie er auf seine Weise sich die Lösung eines Problems zurecht legte, das auch heute noch

zu den dunkelsten Gebieten der Biologie gehört. Sie erinnern sich von der Besprechung der botanischen Studien her, daß Goethe die Ausbildung der Pflanzenform in engster Abhängigkeit von äußeren Bedingungen, wie Licht, Luft, Sonne und Boden, gefunden hatte. Genau dieselbe Überlegung stellte er auch für die tierische Formbildung an. Er spricht den äußeren Bedingungen, dem Milieu, in dem das Tier lebt, einen wichtigen Anteil an dessen Formgestaltung zu. Seiner Ausdrucksweise nach erfolgt die Bildung der Tiere „durch Umstände für Umstände“. Um was es sich dabei handelt, geht am klarsten aus Goethes eigener Darstellung hervor: „Das Wasser schwellt die Körper, die es umgibt, berührt, in die es mehr oder weniger hineindringt, entschieden auf. So wird der Rumpf des Fisches, besonders das Fleisch desselben aufgeschwellt, nach den Gesetzen des Elements. Nun muß nach den Gesetzen des organischen Typus auf diese Aufschwellung des Rumpfes das Zusammenziehen der Extremitäten oder Hilfsorgane folgen, ohne was noch weiter für Bestimmungen der übrigen Organe daraus entstehen, die sich später zeigen werden. — Die Luft, indem sie das Wasser in sich aufnimmt, trocknet aus. Der Typus also, der sich in der Luft entwickelt, wird, je reiner, je weniger feucht sie ist, desto trockener inwendig werden, und es wird ein mehr oder weniger magerer Vogel

entstehen, dessen Fleisch und Knochengerippe reichlich zu bekleiden, dessen Hilfsorgane hinlänglich zu versorgen, für die bildende Kraft noch Stoff genug übrig bleibt. Was bei dem Fische auf das Fleisch gewandt wird, bleibt hier für die Federn übrig. So bildet sich der Adler durch die Luft zur Luft, durch die Berghöhe zur Berghöhe. Der Schwan, die Ente, als eine Art von Amphibien, verraten ihre Neigung zum Wasser schon durch ihre Gestalt. Wie wundersam der Storch, der Strandläufer ihre Nähe zum Wasser und ihre Neigung zur Luft bezeichnen, ist anhaltender Betrachtung werth. — So wird man die Wirkung des Klimas, der Berghöhe, der Wärme und Kälte, nebst den Wirkungen des Wassers und der gemeinen Luft, auch zur Bildung der Säugetiere sehr mächtig finden. Wärme und Feuchtigkeit schwellt auf und bringt selbst innerhalb der Gränzen des Typus unerklärlich scheinende Ungeheuer hervor, indessen Hitze und Trockenheit die vollkommensten und ausgebildetsten Geschöpfe, so sehr sie auch der Natur und Gestalt nach dem Menschen entgegenstehen, z. B. den Löwen und Tiger, hervorbringen, und so ist das heiße Klima allein im Stande, selbst der unvollkommenen Organisation etwas Menschenähnliches zu erteilen, wie z. B. im Affen und Papageien geschieht." Es handelt sich, wie Sie sehen, hier um sehr primitive, aber darum nicht minder anschauliche Vorstellungen. Die äußeren

Umstände schaffen vollkommen blind und wirken rein nach physikalischen und chemischen Gesetzen auf die verschiedenen Organismen ein, sie in energischer Weise umgestaltend. Trotzdem entstehen keine widersinnigen Gestalten, sondern das Gesetz von der Korrelation der Teile greift regulierend ein und sorgt dafür, daß das Tier als Ganzes harmonisch gebildet wird. Das ist Goethes Lösung des Problems vom Zusammenhang zwischen Form und Funktion. Die Lebensweise und das Milieu eines Tieres ändern rein mechanisch seine Gestalt und die inneren Organisationsgesetze sorgen dafür, daß diese Gestalt einen organischen Zusammenhang behält.

So beantwortet sich auch die Frage nach der inneren Zweckmäßigkeit der Organismen. Goethe selbst hat dieses Problem des öftern diskutiert und nimmt dabei jedesmal in schärfster Weise Stellung gegen jede teleologische Betrachtungsweise. Für ihn ist die Frage sinnlos, wozu der Eber die Hauer hat, man darf nur fragen, warum er sie besitzt. Der Ochse hat nicht Hörner, um sich zu wehren, sondern er wehrt sich, weil er Hörner hat. In der damaligen Zeit war es noch eine geläufige Betrachtungsweise, anzunehmen, daß die Tiere des Waldes und die Fische des Meeres deshalb geschaffen seien, damit der Mensch sie esse. Diese Anschauungsweise gilt für Goethe als unnaturwissenschaftlich. „Die Vorstellungsart, daß ein lebendiges Wesen zu gewissen

Zwecken nach außen hervorgebracht und seine Gestalt durch eine absichtliche Urkraft dazu determiniert werde, hat uns in der philosophischen Betrachtung der natürlichen Dinge schon mehrere Jahrhunderte aufgehalten und hält uns noch auf.... Der Mensch ist gewohnt, die Dinge nur in dem Maße zu schätzen, als sie ihm nützlich sind, und da er, seiner Natur und seiner Lage nach, sich für das Letzte der Schöpfung halten muß: warum sollte er auch nicht denken, daß er ihr letzter Endzweck sei. Warum soll sich seine Eitelkeit nicht den kleinen Trugschluß erlauben? Weil er die Sachen braucht und brauchen kann, so folgert er daraus: sie seien hervorgebracht, daß er sie brauche.... Da er nun ferner an sich und an andern mit Recht diejenigen Handlungen und Wirkungen am meisten schätzt, welche absichtlich und zweckmäßig sind, so folgt daraus, daß er der Natur, von der er ohnmöglich einen größern Begriff als von sich selbst haben kann, auch Absichten und Zwecke zuschreiben wird." Diese Betrachtungsweise wird von Grund aus abgelehnt und Goethe kommt so dazu, alle Endursachen zur Erklärung der Naturerscheinungen zurückzuweisen. Für ihn ist nur eine rein causale Betrachtungsweise auch in den organischen Naturgebieten möglich.

Um also nochmals zu rekapitulieren, so ist Goethes Anschauung von der tierischen Formbildung

in Kürze diese: Der Typus ist von vornherein gegeben. Die äußeren Umstände bedingen seine speziellen Ausbildungen. Durch das Gesetz von der Korrelation wird das Ganze harmonisch gestaltet. Also entsteht die zweckmäßige Ausbildung des tierischen Körpers. Die Tierform ist die Resultante zweier Komponenten, äußerer und innerer.

Wenn in dieser Weise die Ausbildung des Tierkörpers in konstanter Abhängigkeit vom Milieu steht, in dem das Tier lebt, so müssen alle äußeren Dinge, auch die Pflanzenwelt und die niedere Tierwelt die Organisation irgend eines Tieres gesetzmäßig beeinflussen. „Das ganze Pflanzenreich z. E. wird uns wieder als ein ungeheures Meer erscheinen, welches ebensogut zur bedingten Existenz der Insekten nötig ist als das Weltmeer und die Flüsse zur bedingten Existenz der Fische, und wir werden sehen, daß eine ungeheure Zahl lebender Geschöpfe in diesem Pflanzen-Ocean geboren und ernährt werde, ja wir werden zuletzt die ganze tierische Welt wieder nur als ein großes Element ansehen, wo ein Geschlecht auf dem andern und durch das andere, wo nicht entsteht, doch sich erhält.“ Auf diese Weise erhebt sich Goethe zu einer grandiosen Anschauung der Gesamtheit des organischen Lebens, das sich gegenseitig bedingt und durchdringt und dessen Ausgestaltung durchaus gesetzmäßig erfolgt, eine Konzeption von einer Großartigkeit, die des Dichters

würdig ist und für die erst ein halbes Jahrhundert später durch Liebig und andere einige tatsächliche Grundlagen geliefert worden sind[1]).

Von dieser einheitlichen Betrachtung der ganzen Lebewelt ist es nur ein Schritt, wenn Goethe überhaupt die gesamte Natur als einen großen Organismus auffaßt, der Tier- und Pflanzenreich als seine Kinder hervorbringt. Diesen Gedanken hatte Kant (Kritik der Urteilskraft, § 80) als ein gewagtes Abenteuer der Vernunft[2]) bezeichnet, das vielen Naturforschern wohl schon durch den Kopf gegangen sei. Goethe bekennt sich ausdrücklich

---

[1]) Die allgemeinen morphologischen und formphysiologischen Ideen Goethes, die im Vorhergehenden entwickelt worden sind, zeigen eine auffallende Verwandtschaft mit den Anschauungen, zu denen kurze Zeit später die großen französischen Forscher Cuvier und Geoffroy St. Hilaire gekommen sind. Cuvier gilt bekanntlich sogar als der Begründer der vergleichenden Anatomie. Auch er betonte den Zusammenhang zwischen Form und Funktion der Organe. Er und Geoffroy St. Hilaire sprechen von einer Korrelation der Organe und Letzterer sah als das wichtigste Kriterium für die Homologie verschiedener Organe in der Tierreihe die Konstanz ihres Platzes an. Wenn wir so die leitenden Vorstellungen, zu denen Goethe gelangt ist, kurze Zeit darauf bei den hervorragendsten und anerkanntesten Fachgelehrten wiederfinden, so wird uns erst recht die überragende Bedeutung klar, die er als Naturforscher im Verhältnis zu seinen Zeitgnossen eingenommen hat.

[2]) Das ist der zweifellose Sinn jener vielfach mißdeuteten Stelle („Anschauende Urteilskraft". Weim. Ausg. II. Abt. Bd. 11. S. 55), der man sogar eine descendenztheoretische Bedeutung unterlegen wollte.

zu dieser Vorstellungsart des „Alten vom Königsberge“, um sich „durch das Anschauen einer immer schaffenden Natur zur geistigen Teilnahme an ihren Produktionen würdig zu machen“.

Durchaus auf naturwissenschaftlichem Boden steht Goethe, wenn er aufs entschiedenste alle theologischen Erklärungsarten der Tierentstehung und Tierverwandlung ablehnt. In der wissenschaftlichen Morphologie hat für ihn „das fromme Streben, die Organismen zur Ehre Gottes deuten zu wollen“ nichts zu suchen. Bei den zeitgenössischen Naturforschern spielte der Bibelglaube fortwährend in ihre wissenschaftlichen Theorien hinein. Linné führte alle einzelnen Arten seines Systems direkt auf den Schöpfungsakt zurück, und Cuvier hat bekanntlich angenommen, daß nach jeder Erdkatastrophe, welche wie die Sintflut zum Untergang des gesamten organischen Lebens auf der Erde geführt haben sollte, eine neue Tierwelt neu geschaffen worden sei. Derartige Anschauungen sind Goethes naturwissenschaftlicher Denkweise durchaus entgegen. Für ihn, der in spinozistischen Ideen groß geworden war, ist Gott und Natur dasselbe. Er sucht das höchste Wesen nicht über, sondern in der Natur und ihm scheint es eine würdige Aufgabe des Naturforschers, Gott-Natur bei ihrer Bildungstätigkeit zu beobachten. „Wir treten“, schreibt er, „weder der Urkraft der Natur, noch der Weisheit

und Macht eines Schöpfers zu nahe, wenn wir annehmen, daß jene mittelbar zu Werke gehe, dieser mittelbar im Anfang der Dinge zu Werke gegangen sei." Nicht ein einmaliger Schöpfungsakt erklärt ihm die Vielfältigkeit der tierischen und pflanzlichen Form, sondern das mittelbare Wirken und fortdauernde Wirksambleiben aller oben genannten Naturfaktoren hat die tierische Form gebildet und bildet sie noch fortdauernd um.

Bezeichnend für Goethes vorurteilslose Denkweise ist die einfache Selbstverständlichkeit, mit der er ohne weiteres den Menschen vergleichend anatomisch den Säugetieren zuzählt. Wenn man bedenkt, welchen Sturm noch vor wenigen Jahrzehnten Darwins Lehre von der Abstammung des Menschen hervorgerufen hat und wie noch unmittelbar vor Goethe die hervorragendsten Anatomen sich bemühten, den Menschen prinzipiell von den Säugetieren zu unterscheiden, so wird man auch in diesem Punkte die ruhige Sicherheit bewundern, mit der Goethe sich in allen Dingen auf den Boden des Tatsächlichen gestellt hat.

Von großem Interesse ist, daß uns eine kurze, mehr gelegentliche Bemerkung erlaubt, auch über seine Stellung zu einer Frage etwas auszusagen, welche gerade in der letzten Zeit wieder vielfach von Naturforschern ventiliert worden ist, die Frage nach der Tierseele. Eine Reihe von Physiologen steht jetzt

auf dem besonders durch v. Uexküll vertretenen Standpunkt, daß wir kein Mittel besitzen, um diese Frage überhaupt zu lösen und daß sie deshalb nicht Aufgabe der physiologischen Forschung sein könne. Man kann feststellen, auf welche äußeren Reize ein Tier reagiert, man kann die nervösen Erregungsvorgänge in seinem Nervensystem untersuchen, man kann die Bewegungen, welche das Tier auf irgend einen Reiz oder „spontan“ ausführt, beobachten; aber es gibt keine Möglichkeit, zu entscheiden, ob das Tier dabei eine bewußte Empfindung hat oder nicht. Diejenigen, welche geneigt sind, den höheren Tieren solche bewußten Empfindungen zuzuschreiben, mögen sich die Frage vorlegen, wo sie in der Tierreihe die Grenze ziehen wollen, unterhalb derer sie kein Bewußtsein mehr annehmen. Wer die Entwicklung kleiner Kinder beobachtet hat, weiß, daß es vollständig unmöglich ist, den Zeitpunkt anzugeben, wann in ihrem Leben zuerst bewußte Empfindungen auftreten. Wir können also die Frage nach einer Tierseele mit naturwissenschaftlichen Methoden nicht lösen, und es ist für diejenigen, welche diesen Standpunkt einnehmen, von besonderem Interesse, daß Goethe in seiner allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie die Frage nach der Tierseele als eine leere Spekulation bezeichnet hat, da wir durch die Erfahrung nichts darüber feststellen können.

Das sind einige der wichtigsten Gesichtspunkte und Gesetze, welche Goethe in seinen morphologischen Arbeiten über tierische Form und Formbildung entwickelt hat. Wollen wir das Gesagte uns noch einmal kurz vergegenwärtigen, so können wir nichts besseres tun, als das schöne Gedicht zu lesen, in welchem Goethe zehn Jahre später (1806) seine Anschauungen in klarster Weise zusammengefaßt hat.

Wagt ihr, also bereitet, die letzte Stufe zu steigen,
Dieses Gipfels, so reicht mir die Hand und öffnet den freien
Blick in's weite Feld der Natur. Sie spendet die reichen
Lebensgaben umher, die Göttin; aber empfindet
Keine Sorge wie sterbliche Fraun um ihrer Gebornen
Sichere Nahrung; ihr ziemet es nicht: denn zwiefach bestimmte
Sie das höchste Gesetz, beschränkte jegliches Leben,
Gab ihm gemess'nes Bedürfnis, und ungemessene Gaben,
Leicht zu finden, streute sie aus, und ruhig begünstigt
Sie das muntre Bemühn der vielfach bedürftigen Kinder;
Unerzogen schwärmen sie fort nach ihrer Bestimmung.
Zweck sein selbst ist jegliches Tier, vollkommen entspringt es
Aus dem Schoos der Natur und zeugt vollkommene Kinder.
Alle Glieder bilden sich aus nach ew'gen Gesetzen,
Und die seltenste Form bewahrt im Geheimen das Urbild.
So ist jeglicher Mund geschickt die Speise zu fassen,
Welche dem Körper gebührt, es sei nun schwächlich und zahnlos
Oder mächtig der Kiefer gezähnt, in jeglichem Falle
Fördert ein schicklich Organ den übrigen Gliedern die Nahrung.
Auch bewegt sich jeglicher Fuß, der lange, der kurze,
Ganz harmonisch zum Sinne des Tiers und seinem Bedürfnis.
So ist jedem der Kinder die volle reine Gesundheit
Von der Mutter bestimmt: denn alle lebendigen Glieder
Widersprechen sich nie und wirken alle zum Leben.

Also bestimmt die Gestalt die Lebensweise des Tieres,
Und die Weise zu leben, sie wirkt auf alle Gestalten
Mächtig zurück. So zeiget sich fest die geordnete Bildung,
Welche zum Wechsel sich neigt durch äußerlich wirkende Wesen.
Doch im Innern befindet die Kraft der edlern Geschöpfe
Sich im heiligen Kreise lebendiger Bildung beschlossen.
Diese Gränzen erweitert kein Gott, es ehrt die Natur sie:
Denn nur also beschränkt war je das Vollkommene möglich.
Doch im Inneren scheint ein Geist gewaltig zu ringen,
Wie er durchbräche den Kreis, Willkür zu schaffen den Formen
Wie dem Wollen; doch was er beginnt, beginnt er vergebens.
Denn zwar drängt er sich vor zu diesen Gliedern, zu jenen,
Stattet mächtig sie aus, jedoch schon darben dagegen
Andere Glieder, die Last des Übergewichtes vernichtet
Alle Schöne der Form und alle reine Bewegung.
Siehst du also dem einen Geschöpf besonderen Vorzug
Irgend gegönnt, so frage nur gleich, wo leidet es etwa
Mangel anderswo, und suche mit forschendem Geiste,
Finden wirst du sogleich zu aller Bildung den Schlüssel.
Denn so hat kein Tier, dem sämmtliche Zähne den obern
Kiefer umzäunen, ein Horn auf seiner Stirne getragen,
Und daher ist den Löwen gehörnt der ewigen Mutter
Ganz unmöglich zu bilden und böte sie alle Gewalt auf:
Denn sie hat nicht Masse genug, die Reihen der Zähne
Völlig zu pflanzen und auch Geweih und Hörner zu treiben.

Dieser schöne Begriff von Macht und Schranken, von Willkür
Und Gesetz, von Freiheit und Maß, von beweglicher Ordnung,
Vorzug und Mangel erfreue dich hoch; die heilige Muse
Bringt harmonisch ihn dir mit sanftem Zwange belehrend,
Keinen höhern Begriff erringt der sittliche Denker,
Keinen der thätige Mann, der dichtende Künstler; der Herrscher
Der verdient es zu sein, erfreut nur durch ihn sich der Krone.
Freue dich, höchstes Geschöpf der Natur, du fühlest dich fähig,
Ihr den höchsten Gedanken, zu dem sie schaffend sich aufschwang,
Nachzudenken. Hier stehe nun still und wende die Blicke
Rückwärts, prüfe, vergleiche und nimm vom Munde der Muse,
Daß du schauest, nicht schwärmst, die liebliche volle Gewißheit.

In den zwei letzten Jahrzehnten seines Lebens beschränkte sich Goethe darauf, die Fortentwicklung der zoologischen und vergleichend anatomischen Literatur zu verfolgen, zahlreiche Notizen zu sammeln und gelegentlich kleinere Aufsätze zu veröffentlichen. Eingehendere selbständige Forschungen hat er nicht mehr angestellt. Von bleibendem Werte sind vor allem einige Recensionen, die er zu den Arbeiten seiner Freunde Carus und d'Alton, welche ihn besonders interessierten, geschrieben hat. Er berichtet in den Annalen: „In der Zoologie förderte mich Carus von den Urteilen des Schalen- und Knochengerüstes, nicht weniger eine Tabelle, in welcher die Filiation sämtlicher Wirbelverwandlungen anschaulich verzeichnet war. Hier empfing ich nun erst den Lohn für meine früheren allgemeinen Bemühungen, indem ich die von mir nur geahnte Ausführung bis ins Einzelne vor Augen sah. Ein gleiches ward mir, indem ich d'Altons frühere Arbeit über die Pferde wieder durchnahm und sodann durch dessen Werk über die Faultiere und Dickhäutigen belehrt und erfreut wurde." So entstanden im Anschluß an Carus der Aufsatz „Die Lepaden", im Anschluß an d'Alton die Recensionen „Die Faultiere und die Dickhäutigen" und „Die Skelette der Nagetiere". Diese Artikel gehen weit über das hinaus, was man gewöhnlich von einer Recension erwartet. Sie enthalten vielmehr Goethes eigene Gedanken, die er an die

Befunde seiner Freunde anknüpfte, und haben dadurch auf die Zeitgenossen einen tiefen Eindruck gemacht. Johannes Müller, der vergleichende Anatom und Physiologe, schrieb 1826 in seiner Untersuchung über die phantastischen Gesichtserscheinungen: „Wer davon (von der Einbildungskraft des Künstlers und Naturforschers) sich einen deutlichen Begriff machen will, lese Goethes meisterhafte Schilderung des Nagetiers und seiner geselligen Beziehungen zu andern Tieren in der Morphologie. Nichts Ähnliches ist aufzuweisen, was dieser aus dem Mittelpunkt der Organisation entworfenen Projektion gleichkommt. Irre ich nicht, so liegt in dieser Andeutung die Ahndung eines fernen Ideals der Naturgeschichte.“ Goethe benutzt hier das d'Altonsche Werk, um an einer einzelnen, in sich abgeschlossenen Gruppe von Säugetieren noch einmal seine eigenen Anschauungen über tierische Form zusammenfassend zu verdeutlichen. Die Gruppe der Nagetiere ist deshalb für ihn ein so gutes Beispiel, weil ihre Knochengestalt „zwar generisch von innen determiniert (nicht genetisch; Goethe meint, daß dem Nagetierskelett ein gemeinsamer Bauplan zugrunde liegt) und festgehalten sei, nach außen aber zügellos sich ergehend durch Um- und Umgestaltung sich spezifizierend auf das allervielfältigste verändert werde.“ Diese Formwandlung leitet Goethe von den Einflüssen des Milieus ab, in dem die Tiere leben.

„Eine innere und ursprüngliche Gemeinschaft aller Organisation liegt zum Grunde; die Verschiedenheit der Gestalten dagegen entspringt aus den notwendigen Beziehungsverhältnissen zur Außenwelt, und man darf daher eine ursprüngliche, gleichzeitige Verschiedenheit und eine unaufhaltsam fortschreitende Umbildung mit Recht annehmen, um die ebenso constanten als abweichenden Erscheinungen begreifen zu können.“ Um nämlich zu verstehen, wie bei dieser schier unendlichen Umbildungsfähigkeit doch bestimmte Arten sich als feste Formen herausbilden können, greift er auf einen Gedankengang zurück, der auch bei botanischen Überlegungen eine Rolle gespielt hat. Es gibt Arten, die sich schrankenlos ergehen wie die Rosen, bestimmte Geschlechter wie die Gentianen halten aber in jedem Einzelindividum hartnäckig ihre Form fest, und so wird auch bei den einzelnen Formen der Nager, wenn sie einmal individualisiert sind, die Gestalt viele Generationen hindurch mit großer Zähigkeit festgehalten. Goethe führt nun im einzelnen aus, wie die Beziehungen zur Außenwelt die tierische Form beeinflussen, wie das Leben im Wasser, das Eingraben in den Boden, das Herumspringen auf der Erde zu ganz verschiedenen Tierformen führt, ja wie sogar fliegende Arten sich ausbilden können. Wichtig ist besonders die Ernährungsweise. Das Ergreifen und Benagen der Nahrung beeinflußt die

Ausbildung der Extremitäten und vor allen Dingen das Gebiß, dem Goethe einen wichtigen Platz in der Gesamtorganisation des Tieres zuspricht. So wird noch einmal der ganze Goethesche Ideenkreis an diesem einen Beispiel anschaulich entwickelt.

In den Jahren von 1819—1823 wurden in verschiedenen Gegenden Deutschlands eine Reihe von fossilen Knochen gefunden, die auch Goethes Interesse aufs lebhafteste in Anspruch nahmen. Er korrespondiert darüber mit Dr. Jäger in Stuttgart, Sömmering, d'Alton u. a., erhält Abgüsse und Knochen zugeschickt und sendet diese weiter an seine Freunde. Bei Stuttgart werden Zähne vom Mammut und Nashorn und Knochen eines Stieres entdeckt. Später finden sich mehrere vollständige Skelette des fossilen Stieres in Mitteldeutschland. Goethe läßt eines derselben in den Jenaer Sammlungen aufstellen. In den morphologischen Heften wird der Urstier eingehend gewürdigt, und bei dieser Gelegenheit macht Goethe die folgende Bemerkung: „Auf allen Fall läßt sich der alte Stier als eine weit verbreitete untergegangene Stamm-Race betrachten, wovon der gemeine und der indische Stier als Abkömmlinge gelten dürften.“ Es ist dies eine der wenigen Bemerkungen Goethes, in welcher descendenztheoretische Anschauungen geäußert werden. — Man hat in Goethe vielfach einen Vorläufer Darwins sehen wollen. Besonders hat

Häckel diese Ansicht zu begründen versucht. Daran ist jedenfalls richtig, daß Goethe als einer der Mitbegründer der vergleichenden Anatomie die Grundlagen schuf, auf denen Darwin weiter gearbeitet hat. Dagegen finden sich in Goethes morphologischen Hauptwerken aus den 80er und 90er Jahren des 18. Jahrhunderts, deren Inhalt im vorstehenden ausführlich dargelegt wurde, keine Anschauungen, welche als darwinistisch im engeren Sinne bezeichnet werden können. Goethe betrachtete damals als Ausgangspunkt der wissenschaftlichen Forschung den Typus, dessen verschiedene Abwandlungen in der Natur verwirklicht sind. Erst in den späteren Jahren, nach 1820, tauchen gelegentlich Andeutungen einer Descendenzlehre auf. Goethe, der die zeitgenössische Literatur genau verfolgte, kannte die Schriften von Geoffroy St. Hilaire u. a.; ob er Lamarck gelesen hat, ist mir nicht bekannt; aber sein naher Verkehr mit d'Alton, Carus u. a. mußte ihn über alle wissenschaftlichen Zeitströmungen auf dem Laufenden erhalten. Trotzdem ist die genannte Stelle fast die einzige wirklich unzweideutige, und wir dürfen daraus schließen, daß der ganze Vorstellungskreis der Descendenzlehre keineswegs für Goethe im Mittelpunkt des Interesses gestanden hat. Nur in diesem einen konkreten Fall, wo ihm die Vergangenheit durch eine ihrer typischen prähistorischen Arten entgegentrat, knüpfte er an das Tatsächliche an und

betrachtete jetzt lebende Formen als Abkömmlinge fossiler Tiere. In dem Aufsatz: „Die Faultiere und die Dickhäutigen“ versuchte er dann, wahrscheinlich im Anschluß an Kant, zu schildern, wie aus einem großen walfischartigen Meertier, das aufs Land übersiedelt, durch allmähliche Umbildung ein Faultier entstehen könne. Aber hier bezeichnet er seine Darstellung selbst schon als poetisch, „da überhaupt Prose wohl nicht hinreichen möchte“. Und in der klassischen Walpurgisnacht läßt er den Homunkulus, der gerne entstehen möchte, im Meere anfangen:

„Da regst du dich nach ewgen Normen
„Durch tausend, abertausend Formen,
„Und bis zum Menschen hast du Zeit.“

Zu einem durchgreifenden wissenschaftlichen Princip, von welchem aus der Formenbau des ganzen Tierreiches zu begreifen wäre, hat er aber den Descendenzgedanken nicht gemacht. Man kann deshalb Goethe als Vorläufer Darwins ansehen oder nicht. Die Wissenschaft selbst entwickelt sich kontinuierlich und jeder Spätere steht auf den Schultern seiner Vordermänner, jeder Frühere ist als Vorläufer der Nachfolgenden zu betrachten. Goethes Anschauungsweise von der tierischen Formenwelt war eine in sich abgeschlossene und abgerundete. Darwinistische Gedanken sind in ihr erst in späteren Jahren, und auch dann nur als sekundäre Elemente aufgetreten.

In seinem letzten Lebensjahrzehnt hat sich Goethe überhaupt für die Frage interessiert, wie neue Tierarten entstehen könnten, und er notierte sich beispielsweise 1824 die Mitteilung des Dr. Sturm, daß Rassen, welche durch Kreuzung entstanden sind, konstant bestehen können. Das scheint ihm ein Faktum von größter Wichtigkeit. Er bemerkt aber sogleich dazu: „Freilich muß die Umwandlung eine Gränze haben, und nur die Vollkommenheit des Geschöpfs kann sie bestimmen."

Auch die plötzliche Entstehung neuer Formen bei der Aussaat von Gewächsen, die heute unter dem Namen Mutation durch die Forschungen von de Vries eine so große Bedeutung gewonnen haben, scheint Goethe beachtet zu haben, doch ist die betreffende Stelle nicht eindeutig genug, um hierin ganz sicher zu gehen: „Dagegen entwickeln sich aus den Samen immer abweichende, die Verhältnisse ihrer Theile zu einander verändert bestimmende Pflanzen, wovon uns treue sorgfältige Beobachter schon manches mitgeteilt und gewiß nach und nach mehr zu Kenntnis bringen werden".

Goethes letzter Aufsatz „Principes de Philosophie Zoologique", den er kurz vor seinem Tode abschloß, behandelt, wie schon erwähnt wurde, den Streit zwischen Cuvier und Geoffroy St. Hilaire. Dieses bedeutende wissenschaftliche Ereignis interessierte den alten Forscher aufs lebhafteste. Er be-

richtet seinen Lesern zunächst historisch die Entwicklung der Kontroverse und gibt im Anschluß daran, um seine Parteinahme für Geoffroy St. Hilaire zu begründen und um zu zeigen, daß gleichsam seine eigenen Ideen hier kämpfend auftreten, nochmals einen gedrängten Überblick über seine vergleichend anatomischen Untersuchungen. Er selbst hält den Streit für unschlichtbar, weil hier zwei ganz verschiedene, seiner Meinung nach unvereinbare Anschauungsweisen miteinander kämpfen. Er weist darauf hin, wie er selbst 50 Jahre früher gegen Linnés Lehrmeinung aufgetreten ist. Cuvier sowohl wie Linné sehen die Aufgabe der Naturforschung darin, die Einzelerscheinungen der Natur zu beschreiben und nach Möglichkeit zu unterscheiden, während Goethe und Geoffroy St. Hilaire das Hauptaugenmerk darauf richten, die Analogien und Verwandtschaften zwischen den einzelnen Formen aufzufinden. Sowohl die trennenden wie die zusammenfassenden Naturforscher sind im Interesse der Wissenschaft notwendig, aber ihre Methoden sind zu verschieden, als daß ein Streit sich verhindern ließe.

Bis hierher haben wir die Gesamtheit von Goethes morphologischen Anschauungen im Zusammenhang dargestellt. Die meisten seiner Arbeiten fügen sich zwanglos diesem großen Ganzen ein. Es ist aber

natürlich, daß dabei eine Reihe von Einzelheiten welche nicht in unmittelbarer Berührung zu diesen wichtigsten Grundvorstellungen stehen, unberücksichtigt gelassen wurden. Wir müssen daher Nachlese halten und noch einzelnes nachtragen.

Goethe hat in allem, womit er sich beschäftigte, gesucht, sich zu einer anschaulichen Vorstellung durchzuringen. Auch seine zoologischen Ideen waren immer auf Anschaulichkeit gerichtet. Da war es denn auch sein Bestreben, das von ihm Erkannte sich und andern in anschaulicher Form vor Augen zu stellen. Er selbst fertigte sich eine große Wandtafel an, um sich Humboldts Ideen zu einer Geographie der Pflanzen klar zu machen, und ließ sie 1813 im Druck erscheinen. Ein ähnliches „Gemälde der organischen Natur“ von Wilbrand und Ritgen wurde von ihm aufs freundlichste recensiert. Bekannt ist, welchen großen Wert er auf Deutlichkeit naturwissenschaftlicher Abbildungen legte. Besonders mit d'Alton wurde hierüber eifrig korrespondiert und ein Aufsatz von diesem in die morphologischen Hefte aufgenommen. Seine Fürsorge für Ausgestaltung naturwissenschaftlicher Sammlungen und Museen in Jena wurde schon eingehend gewürdigt. Interessant ist sein Vorschlag, besondere Museen für vergleichende Anatomie zu gründen; diese sollten so angeordnet sein, daß man auf einen Blick die Formwandlung irgend eines beliebigen Organs oder

Knochens durch die Tierreihe hindurch anschaulich vor Augen hat. In einem Schrank sollten z. B. die Halswirbel sämtlicher Tiere von den größten bis zu den kleinsten, von den einfachsten bis zu den differenciertesten vereinigt werden, in einem andern beispielsweise die Vorderarmknochen von den beweglichsten und zierlichsten bis zu den plumpsten und kräftigsten Stützorganen. Wie weit sein Interesse für diese Dinge im einzelnen ging, zeigt sein Bestreben, die Technik, anatomische Präparate in Wachs nachzubilden, nach Deutschland zu verpflanzen. Er hatte auf der italienischen Reise in Florenz die schöne Sammlung der dortigen Moulagen (Wachsnachbildungen in natürlichen Farben) gesehen, die ihm einen tiefen Eindruck machte. In Wilhelm Meisters Wanderjahren kam er später hierauf zurück. Es schien ihm notwendig, bei der zunehmenden Schwierigkeit, Leichen für den anatomischen Unterricht zu bekommen, an den Universitäten anatomische Moulagensammlungen anzulegen. Unter seiner Mitwirkung wurde ein junger Arzt, Franz Heinrich Martens, der solche Präparate anfertigen konnte, nach Jena berufen und die von dessen Hand herrührenden Moulagen menschlicher Mißbildungen, sämtlich Kunstwerke, zieren noch heute die dortige Sammlung. Noch kurz vor seinem Tode kommt Goethe in einem Schreiben an Geheimrat Beuth in Berlin auf die Angelegenheit zurück und regt an,

daß in Berlin aus Staatsmitteln ein Moulagenmuseum gegründet werde und daß zur Erlernung der Technik ein Anatom, ein Plastiker und ein Gipsgießer nach Florenz gesendet werden sollen. Goethes Anregung hat damals keine praktischen Folgen gehabt, aber heute bilden die Moulagen eine wichtige Ergänzung medizinischer Sammlungen, wenn es sich darum handelt, seltene Krankheitsfälle, die zu Unterrichtszwecken nicht jederzeit verfügbar sind, zu verewigen.

Studien über Regeneration bei Tieren wurden zu Goethes Zeiten besonders von Blumenbach angestellt. Unter Regeneration versteht man das Vermögen der Tiere, verlorene Körperteile neu zu bilden, wie z. B. die Eidechse den Schwanz. Daß Goethe auch für diesen Zweig biologischer Forschung sich interessierte, geht aus seiner Bemerkung hervor, daß ein Tier, das zur Regeneration eines abgelösten Teiles geschickt sein soll, ein unvollkommenes Tier sein müsse. Tatsächlich ist bei den höheren Wirbeltieren die Regeneration eine beschränkte.

Kurz vor der italienischen Reise hat Goethe das Leben der kleinsten Lebewesen, besonders in Heuinfusen, studiert. Wirft man trockenes Heu in Wasser und läßt es einige Tage stehen, so entwickelt sich aus Keimen, welche an dem Heu angetrocknet sind, eine reiche Fauna, besonders von einzelligen Protozoen und Infusorien. Goethe hat

diese, wie aus seinen Protokollen hervorgeht, unter dem Mikroskop beobachtet und es sind sauber ausgeführte Zeichnungen erhalten, auf denen man ohne Schwierigkeit Paramäcien und Vorticellen erkennen kann. Bei den Vorticellen hat er auch die Flimmerbewegung beobachtet und die Richtung des Wimperstrudels untersucht.

Mit der Anatomie der Muscheln, Schnecken und Würmer hat er sich durch eigene Präparation vertraut gemacht, die innere Anatomie des Frosches genau untersucht und Männchen und Weibchen miteinander verglichen. Sehr umfassend sind schließlich seine Studien über Anatomie, Physiologie und Umwandlung der Insekten gewesen, welche hauptsächlich in die Jahre 1796—98 fallen. Das Problem, das ihn hier interessierte, war die successive Metamorphose, die Umwandlung ein- und desselben Individuums während seines Lebens. Das war die einzige Form der Metamorphose, welche er bisher nicht eingehend studiert hatte. Es ist auch bei der experimentellen Durcharbeitung des Gebietes geblieben. Notizen und Versuchsprotokolle sind zahlreich erhalten, eine zusammenfassende Arbeit hat Goethe aber nicht geschrieben. Er studierte zunächst die Anatomie der Raupen und Puppen z. T. nach Injektionspräparaten, beobachtete dann die Entwicklung verschiedener Arten, des Ligusterspinners, der Wolfsmilchraupe, der Hummel, und ver-

folgte in einzelnen Fällen die Metamorphose vom Ei bis zum Schmetterling. Der Einfluß von Hitze und Kälte auf diese Vorgänge wurde untersucht. Er beobachtete die Bewegungen der Raupe, sah die mehrfache Häutung dieser Tiere, stellte fest, was sie fressen und was sie ausscheiden, experimentierte über ihr Verhalten bei Belichtung und Verdunkelung, machte genaue Notizen über das Einspinnen und die Verpuppung und studierte das Ausschlüpfen der Schmetterlinge. Besonders interessierte ihn die Erscheinung, daß die ausgeschlüpften Schmetterlinge ganz kleine und weiche Flügel haben, die erst im Verlauf von etwa einer halben Stunde sich entfalten und hart werden. Goethe führte dies auf Einströmen von Säften aus dem Innern des Tieres in die Gefäße der Flügel zurück und sah seine Ansicht bestätigt, als er dem Schmetterling nach dem Ausschlüpfen den Kopf abschnitt und die Flügelentfaltung nun ausblieb; nach Eröffnung des Tieres konnte eben keine Flüssigkeit mehr in die Flügel hineingepreßt werden. Die innere Anatomie der Schmetterlinge wurde genau untersucht, ihre Fortpflanzung beobachtet. Seinem Streben nach Veranschaulichung, seinem „Museumstriebe“ ist es zuzuschreiben, daß er zehn verschiedene Stadien von der Puppe bis zum Schmetterling konservierte und zwischen Glasplatten aufhob. Beobachtet wurde ferner die Entwicklung von Schlupf-

wespeneiern im Innern von Raupen und Puppen. Wichtig sind weiter in dieser Versuchsreihe eine Anzahl von physiologischen Beobachtungen. Da die Raupe während des Verpuppens keine Nahrung nimmt, so fragt es sich, wovon sie lebt. Genaue Wägungen der Tiere ergaben einen fortschreitenden Gewichtsverlust; das Tier zehrt also von seinem Körpermaterial. Goethe registriert ferner die Beobachtung, daß der Saft einer Raupe an der Luft schwarz wird und untersucht das Verhalten dieses Saftes gegen Wasser, Säuren und Laugen. Wir wissen heute, daß die Erscheinung auf der Anwesenheit eines oxydierenden Fermentes im Safte beruht, dem man in jüngster Zeit wieder größeres Interesse entgegengebracht hat. Die Reaktion der Raupen auf Berührung an verschiedenen Stellen ihres Körpers wird untersucht. Die Bewegung der Flügelmuskeln wird auch nach dem Tode noch fortdauernd gefunden. Auch die Tätigkeit des überlebenden Herzens beobachtet Goethe und macht darüber folgende Notiz: „Langes durchsichtiges Gefäß bei der Hummel, das den ganzen Rücken hinuntergeht (Ist das sogenannte Herz der Inseckten) und sehr lebhaft pulsiert; es geht unten durch ein durchsichtiges häutiges Gewebe durch, das sehr mit Luftgefäßen durchwebt ist. Es pulsierte 3 bis 4 Stunden, so lange bis alle Feuchtigkeit vertrocknet war; wenn man es anhauchte, pulsierte es viel schneller. Es

ist der Versuch zu machen, wie lange es schlägt, wenn man es feucht erhält und ob es etwa in der Kälte gleich erstarrt. In einer aufgeschnittenen Puppe in anderthalb sekunden pulsierte es einmal."

Auch sonst enthalten diese Aufzeichnungen zur Insektenkunde noch viele feine Beobachtungen. Überhaupt gewähren gerade diese Protokolle einen interessanten Einblick in Goethes Art zu arbeiten. Man sieht, mit welcher Sorgfalt das ganze Tatsachenmaterial schematisch geordnet wird und wie außerordentlich genau seine Einzelbeobachtungen gewesen sind.

Damit schließen wir die Darstellung von Goethes morphologischen Arbeiten. Wir haben gesehen, wie er sich durch eigenes Studium einen Überblick über die unendliche Fülle der pflanzlichen und tierischen Formen verschafft hat und wie er jahrelang sich bemühte, die zahlreichen Einzeltatsachen zu einem Gesamtbilde zu verschmelzen. 20 Jahre Arbeit ist dazu nötig gewesen. Schließlich aber bildete sich bei Goethe eine umfassende Anschauung von der Gesamtheit der Organismen heraus, die in ihrer Großartigkeit ihresgleichen sucht und die uns zeigt, daß der Naturforscher dem Dichter in keinen Stücken nachgab.

Jetzt erst verstehen wir die Verbitterung, die Goethe erfaßte, als seine Ideen anfangs gar nicht durchdringen wollten und auf den passiven Wider-

stand der Gelehrten stießen. Aber er hat es noch erlebt, daß sie zum Siege kamen. Durch die Begründung der vergleichenden Anatomie und der Morphologie pflanzlicher und tierischer Formen wirkt Goethes wissenschaftliche Arbeit bis auf den heutigen Tag fruchtbringend fort.

Siebente Vorlesung.

Die Farbenlehre I. — Physiologische Optik.

Meine Herren! „Die Geschichte der Wissenschaft nimmt immer auf dem Punkte wo man steht ein gar vornehmes Ansehen; man schätzt wohl seine Vorgänger und dankt ihnen gewissermaßen für das Verdienst das sie sich um uns erworben; aber es ist doch immer, als wenn wir mit einem gewissen Achselzucken die Gränzen bedauerten worin sie oft unnütz, ja rückschreitend sich abgequält; niemand sieht sie leicht als Märtyrer an die ein unwiederbringlicher Trieb in gefährliche, kaum zu überwindende Lagen geführt, und doch ist oft, ja gewöhnlich, mehr Ernst in den Altvätern die unser Dasein gegründet, als unter den genießenden, meistenteils vergeudenden Nachkommen." Dieses Goethesche Wort wollen wir als Motto über unsere Besprechung der Farbenlehre setzen, denn was Schiller von Wallenstein sagte, gilt für kein Buch mehr als für dieses:

„Von der Parteien Gunst und Haß verwirrt,
Schwankt sein Charakterbild in der Geschichte."

Gleich nach seinem Erscheinen von den Physikern vollständig abgelehnt und aufs heftigste verurteilt, von einigen der bedeutendsten zeitgenössischen Physiologen, wie Purkinje und Johannes Müller, außerordentlich geschätzt, wurde es in der Mitte des Jahrhunderts fast vergessen und selbst Helmholtz wird seiner Bedeutung keineswegs gerecht. Erst in den letzten Jahrzehnten erweckt es wieder das Interesse der Gelehrten. Während die Physiker auf ihrem ablehnenden Standpunkt verharren müssen, finden die Physiologen hier zahlreiche Tatsachen und Anschauungen niedergelegt, welche in der letzten Zeit zu den Grundlagen der physiologischen Optik geworden sind.

Die Würdigung des Inhalts der Farbenlehre ist daher eine schwierige Aufgabe, und wir wollen den Gang der Darstellung, den wir bei den früheren wissenschaftlichen Werken Goethes gewählt haben, hier verlassen. Ich will Ihnen nicht zuerst den Inhalt von Goethes Schriften mitteilen und danach entwickeln, welches die allgemeinen leitenden Gedanken und die gewichtigen, wissenschaftlichen Resultate sind, sondern ich möchte Ihnen zunächst in dieser Vorlesung eine kurze sinnes-physiologische Einleitung geben, damit Sie in den Stand gesetzt werden, aus eigener Kenntnis die Probleme, um deren Lösung Goethe sich bemühte, zu begreifen. Denn die Farbenlehre gründet sich

nicht nur auf physikalische Tatsachen, sie gehört vielmehr zu einem wesentlichen Teil der Sinnesphysiologie an. Durch unser Auge empfangen wir erst optische Eindrücke, Licht und Farbe. Zu Beginn muß nun gleich bemerkt werden, daß alle die Tatsachen und Erwägungen, die ich Ihnen jetzt vortragen werde, zu Goethes Zeiten noch so gut wie unbekannt waren. Während wir heute mit verhältnismäßiger Leichtigkeit die Probleme beurteilen können, legten Goethe und seine sämtlichen Vorgänger und Zeitgenossen sich derartige sinnesphysiologische Fragen überhaupt noch nicht vor. Wir haben es jetzt leicht, in Goethes Werk das Gold von den Schlacken zu sondern. Der damaligen Zeit war dies keineswegs geläufig.

Goethes Farbenlehre enthält zunächst einmal eine genaue und ganz mustergültige Darstellung der Tatsachen. Die verschiedenen Arten der Farbenerscheinungen und die Methoden, sie hervorzurufen, werden mit unerreichter klassischer Anschaulichkeit geschildert, mit einer Treue, daß jeder mit Leichtigkeit alle Versuche selber anstellen kann. Erst auf Grund dieser Goetheschen Schilderung der Erscheinungen und in bewußter Anlehnung an Kants Kritik der reinen Vernunft hat zunächst Schopenhauer die Farbenlehre für die Physiologie in Anspruch genommen, und danach Johannes Müller die wissenschaftliche physiologische Optik begründet;

von deren Fortentwicklung durch Helmholtz und Hering werden wir noch später zu sprechen haben. Wir dürfen es also Goethe nicht zum Vorwurf machen, daß er die Kenntnis, die sich erst später auf Grund seiner eigenen Farbenlehre entwickeln konnte, selbst noch nicht besessen hat.

Licht- und Farbenempfindung werden uns vermittelt durch ein Sinnesorgan, das Auge. Wir legen uns zunächst die Frage vor, worin denn im allgemeinen die Bedeutung unserer Sinnesorgane liegt? Die Antwort lautet: daß von der Art und von der Funktion unserer Sinnesorgane ganz eigentlich die Beschaffenheit unserer Außenwelt, unseres Milieus abhängig ist. Ein Beispiel wird die Richtigkeit dieses scheinbaren Paradoxons schneller verdeutlichen als alle Auseinandersetzungen. Denken Sie sich einen tiefstehenden Wurm, der auf dem Grunde des Meeres lebt und der nur eine einzige Art von Sinnesorganen besitzt, die tastempfindenden Apparate seiner Haut. Die Außenwelt eines solchen Tieres wird sich nur aus denjenigen Teilen des Meeresgrundes zusammensetzen, welche mit seiner Hautoberfläche in direkte Berührung geraten. Zu allen anderen Körpern hat der Wurm überhaupt keine Beziehungen, sie existieren also nicht für ihn. Er ist nur imstande, den Kreis seiner Außenwelt zu erweitern, wenn er mit seinem Körper Ortsbewegungen ausführt und so immer neue Teile

des Meeresgrundes mit seiner Haut in direkte Berührung bringt. Ein beschränkteres Milieu läßt sich wohl kaum vorstellen als in diesem Fall. — Wir betrachten jetzt einen anderen Wurm, der etwas höher steht und der außer den Tastorganen noch ein zweites Sinnesorgan haben möge, ein Auge am Vorderende des Kopfes. Ohne weiteres wird Ihnen klar, wie durch den Gewinn dieses Organs sich das Milieu des Tieres mit einem Schlage ausdehnen muß. Es kann jetzt von einer ganzen Reihe von Gegenständen beeinflußt werden, welche weit von ihm entfernt liegen, sofern nur von ihnen Licht zum Auge gelangen kann. So wird durch das Auftreten neuer Sinnesorgane der Kreis der Körper, welche auf ein gegebenes Tier einwirken können, um ein Beträchtliches erweitert. Nun machen wir gleich einen großen Sprung und gehen über zu uns selber. Wir haben optische Sinnesorgane in unseren Augen, akustische in unseren Ohren, chemische für die Ferne in unserer Nase, für die Nähe in den Geschmacksapparaten, die Sinnesorgane in unserer Haut vermitteln uns Druck-, Schmerz- und Temperaturempfindungen. Aus den Elementen, welche uns diese Sinnesorgane liefern, setzt sich unsere so außerordentlich reichhaltige und komplizierte Außenwelt zusammen. Sie bestimmen das Milieu, in dem wir leben. Sie stellen aber keineswegs das Maximum dessen dar, was überhaupt erreichbar

wäre. Würde unser Auge für Lichtwellen von größerer Länge als die des äußersten Rot empfindlich sein, so würden wir den wärmenden Kachelofen Licht in einer Farbe ausstrahlen sehen, die wir uns natürlich nicht vorstellen können. Besäßen wir eine ganz neue Gruppe von Sinnesorganen, welche direkt für elektrische Veränderungen unserer Umgebung empfindlich wären, so würden wir beim Vorbeifahren eines elektrischen Trambahnwagens eine ganze Fülle von Erscheinungen in den Drähten und der umgebenden Luft wahrnehmen, die uns jetzt völlig entgehen; bei jedem telephonischen Gespräch, bei jedem Druck auf die elektrische Klingel würde eine ganze Reihe von Empfindungen in uns ausgelöst werden. Wie sehr wir von unseren Sinnesorganen abhängig sind, sehen wir daraus, daß es uns völlig unmöglich ist, uns vorzustellen, wie die Welt einem der sogenannten Farbenblinden, welche meist Rot und Grün nicht unterscheiden können, erscheint, und umgekehrt haben solche Farbenblinden keine Möglichkeit, sich die Außenwelt eines normalsichtigen Menschen zu vergegenwärtigen. So sehen wir, daß die Sinnesorgane Tyrannen sind, welche uns einzwängen in einen ganz bestimmten Kreis von Vorstellungen von der Außenwelt, aus dem wir nicht herauskönnen.

Welches sind nun die Gesetze, nach denen diese Sinnesorgane arbeiten? Die leitende Regel, welche

für alle Sinnestätigkeit gilt, ist von Johannes Müller in dem Gesetz von der spezifischen Sinnesenergie aufgestellt worden. Dieses besagt, daß unsere Sinnesempfindungen allein abhängig sind von der Art des Sinnesnervenapparates, welcher in Erregung gerät. Es mag dies zuerst selbstverständlich klingen, ist es aber keineswegs, wie Sie sofort sehen werden, wenn wir die Kehrseite dieses Satzes betrachten. Die Sinnesempfindung ist nämlich nicht abhängig von der Art des äußeren Reizes, der unser Sinnesorgan trifft. Auch hier ein Beispiel statt vieler Worte. Der Arzt kommt gelegentlich in die Lage, an unglücklichen Patienten, um sie vor schwererem Unglück zu bewahren, ein Auge herausnehmen zu müssen. Das Auge ist durch den Sehnerv mit dem Gehirn verbunden, und dieser muß bei der Operation durchtrennt werden. In früheren Zeiten, wo die Narkose noch unbekannt war, hat man nun festgestellt, daß in dem Moment, wo die Schere des Chirurgen den Sehnerv des Patienten durchtrennt, dieser nicht eine Schmerzempfindung, sondern eine Lichterscheinung hat. Diese Tatsache illustriert das Gesagte, denn trotzdem der Sehnerv keineswegs optisch durch das Licht gereizt worden ist, sondern mechanisch durch den Scherenschlag, hat der Patient eine optische Empfindung, und diese optische Empfindung beruht gesetzmäßig darauf, daß der Sehnerv erregt worden ist, ist aber unabhängig

davon, durch welche Art von Reiz die Erregung des optischen Nerven bewirkt wurde. Wenn wir einen galvanischen Strom quer durch unseren Kopf in der Augengegend schicken, so haben wir beim Öffnen und beim Schluß desselben ebenfalls eine Lichtempfindung. Wenn wir unseren Augapfel drücken, resultiert daraus in gleicher Weise eine Lichtempfindung. Unsere Sinnesorgane sagen uns also gar nichts aus über die Art des Reizes, der von außen auf unseren Sinnesapparat einwirkt, sondern sie vermitteln uns nur die Kunde davon, daß überhaupt das betreffende Sinnesorgan erregt worden ist. Wie kommt es nun, daß wir trotz dieser Unzuverlässigkeit doch so wenigen Sinnestäuschungen unterliegen, daß wir trotzdem so richtige Nachrichten von der Außenwelt erhalten; d. h. daß, wenn wir auf Grund unserer Sinneswahrnehmungen handeln, wir so selten mit den Gegenständen der Außenwelt in Konflikt geraten? Die Lösung dieser schwierigen Aufgabe wird ermöglicht wiederum durch die Anordnung unserer Sinneswerkzeuge. So liegt z. B. unser inneres Ohr, in welchem sich die Endigungen des Hörnerven befinden, tief eingebettet im Innern des Kopfes, eingeschlossen in den kompaktesten elfenbeinharten Knochen des Felsenbeins, in dem sich kleine Hohlräume befinden, die mit Flüssigkeit erfüllt sind; in dieser Flüssigkeit liegen die Endapparate des inneren Ohres aufs sorgfältigste

geschützt vor allen Einflüssen der Außenwelt, welche etwa den Hörnerven erregen können. Nur einzig und allein die Schallwellen der Luft vermögen sich in diese Tiefe den Weg zu bahnen. Durch den Gehörgang setzen sie das Trommelfell und dahinter die Gehörknöchelchen in Schwingungen, welche sich auf die Flüssigkeit des inneren Ohres übertragen und so den Hörnerven erregen können. Die Sinnesorgane sind also so angeordnet, daß alle anderen, wie man sagt, nicht adäquaten Reize nach Möglichkeit fern gehalten werden und nur die adäquaten Reize, z. B. die Schallwellen zum Ohr, die Lichtwellen zum Auge hingelangen können. Und noch etwas weiteres: der Hörnerv selber, welcher die Verbindung des inneren Ohres mit dem Gehirn vermittelt, ist für die Schallschwingungen der Luft völlig unempfindlich. Nur seine Endigungen im inneren Ohr werden durch Schallwellen erregt. Es besitzen also die Sinnesorgane die wichtige Aufgabe, Vorgänge der Außenwelt, welche an sich aufs Nervensystem nicht wirken, aufzunehmen und in Nervenerregungen umzusetzen. Dasselbe gilt fürs Auge. Der Augapfel ist eingebettet in die Augenhöhle, wohlbeschützt durch die Lider und die knöchernen Augenbrauenbogen. Er besteht aus einer derben fibrösen Kapsel, die mit einer durchsichtigen Gallerte gefüllt ist, und nur auf dem Grund dieser Kapsel breitet sich der nervöse Endapparat aus, die

Netzhaut, welche für Licht empfindlich ist, während der Sehnerv selber durch Lichtschwingungen nicht erregt werden kann. Wir besitzen in Ausnahmefällen die Möglichkeit, Druck oder Elektrizität auf unser Auge einwirken zu lassen, aber im allgemeinen ist die Netzhaut vor diesen Eingriffen geschützt und nur die Lichtstrahlen gelangen durch die brechenden Medien des Auges zu ihr. So kommt es, daß wir gewöhnlich keinen Trugschluß machen, wenn wir unseren Gesichts- und Gehörwahrnehmungen trauen, denn nur in Ausnahmefällen werden diese durch andere äußere Ursachen hervorgerufen als durch Licht- bzw. Schallschwingungen.

Aus dem Material, welches so die Sinnesorgane dem Geiste liefern, setzt dieser seine Vorstellung von der Außenwelt zusammen. Wir treten z. B. aus dem Hause in den Garten und nehmen mit unserem Auge eine blaue Fläche wahr, in deren Mitte sich etwas Grünes befindet, unterhalb dessen wir etwas Braunes sehen. Das Ohr hört gleichzeitig ein leises Rauschen, und wenn wir uns nach dem Orte hinbewegen, von dem diese Empfindungen auszugehen scheinen und mit der Hand das gesehene braune Gebilde berühren, so bekommen wir das Gefühl des Harten, Rauhen; gleichzeitig riechen wir einen angenehmen Duft, oder, wenn unsere Hand ein rundes Gebilde, welches wir sehen, nimmt und zum Munde führt, so bekommen wir einen

süßen Geschmack. Aus diesen rein objektiv geschilderten, ganz heterogenen Sinnesempfindungen, welche uns unsere verschiedenen Sinnesorgane liefern, baut der Verstand zwangsmäßig und unbewußt einen Gegenstand auf. In diesem Fall einen grünen Baum, der vor dem blauen Himmel steht und Blüte oder Frucht trägt. Was nun das Merkwürdigste von allem ist, dieser Gegenstand, der in unserem Innern durch das Zusammentreffen so ganz verschiedener Sinneseindrücke gebildet wird, wird, ohne daß wir uns dessen bewußt werden, zwangsmäßig nach außen verlegt und erscheint uns als ein außerhalb unseres Körpers befindlicher Baum.

Jetzt sind wir so weit gelangt, daß wir uns die Frage vorlegen können, was denn geschieht, wenn jemand einen Gegenstand, sagen wir eine brennende Kerze, sieht. Die Prozesse, die hierbei mitspielen, können wir wie folgt beschreiben: In der brennenden Kerze findet eine Oxydation des Stearins oder Paraffins zu Kohlensäure und Wasser statt, und dieser Prozeß geht bei so hoher Temperatur vor sich, daß dadurch einzelne Kohlenteilchen in der Flamme zum „Glühen“ kommen, d. h. sie werden nach der Annahme der Physiker in so lebhafte Schwingungen versetzt, daß sie diese Bewegung ihrer Umgebung und speziell dem hypothetischen Äther mitteilen. Von den glühenden Kohlenteilchen der Flamme pflanzen sich also Bewegungsvorgänge

mit großer Geschwindigkeit nach allen Seiten durch den Äther fort. Ein Teil von ihnen trifft auf das Auge des Beobachters und dringt durch dessen Pupille ins Innere bis zur Netzhaut. Unter dem Einfluß dieser Ätherschwingungen entstehen nun in der Netzhaut auf noch nicht näher aufgeklärte Weise nervöse Erregungen und diese werden ähnlich wie durch einen telegraphischen Draht auf dem Wege des Sehnerven zum Gehirn unserer Versuchsperson fortgeleitet. Hier treten darauf eine Reihe von komplizierten nervösen Erregungsvorgängen auf, über deren feineres Ineinandergreifen wir nur unvollkommen unterrichtet sind. Und nun kommt das Wunder! Gleichzeitig mit den nervösen Erregungen im Gehirn, welche vom Sehnerven aus veranlaßt worden sind, hat die Person eine Empfindung, und zwar eine Lichtempfindung. Über den Zusammenhang der nervösen Erregungen mit den Empfindungen besitzen wir keine Kenntnis, es ist dies ein unlösbares Rätsel. Aber die Lichtempfindung tritt gesetzmäßig im Anschluß an die optische Erregung auf und wird zwangsmäßig nach außen verlegt und lokalisiert. Die Versuchsperson sieht die Kerze an ihrem Orte im Raum. Jetzt wollen wir eine einfache Frage der Nomenklatur stellen; wir wollen fragen, wie man die einzelnen Teile dieses ganzen eben geschilderten Vorgangs benennt. Die brennende Kerze nennen wir Licht, den Schwin-

gungsvorgang des Äthers, der von der Kerze aus nach allen Seiten sich verbreitet, nennen die Physiker wieder Licht, und die Empfindung, welche im Geiste unserer Versuchsperson dadurch hervorgerufen wird, nennen die Physiologen und Psychologen ebenfalls Licht (eine Lichtempfindung). Ja es ist sogar der Erregungsvorgang in der Netzhaut von Helmholtz und anderen als Lichtempfindung bezeichnet worden; wir wollen von dieser Benennung hier absehen. Wenn wir statt der weißbrennenden Kerze ein rotleuchtendes bengalisches Zündholz zu unserem Versuche nehmen, so schreiben wir der roten Flamme eine Farbe zu. Die Lichtstrahlen, die von ihr ausgehen, nennen die Physiker wiederum farbiges Licht oder Farbe, und die Empfindung, die der Beobachter dadurch bekommt, ist wieder Farbe. So sehen Sie, daß bei diesem komplizierten Vorgang, den wir eben in seine Komponenten aufgelöst haben, eine heillose Verwirrung der Nomenklatur besteht, und daß jeder mit dem Worte Licht oder Farbe eigentlich etwas ganz anderes bezeichnet. Daher ist es so schwer gewesen, und auch heute noch so schwierig, sich über die Natur der Farbe und des Lichts zu verständigen. Hier liegt der Hauptgrund, weshalb auch Goethe in seiner Farbenlehre heterogene Dinge miteinander vereinigen wollte. Denn wir müssen daran denken, daß, wie oben betont wurde, die Aufklärung des

ganzen Sehprozesses erst in die nachgoethesche Zeit fällt. Goethe hat allerdings einen sehr wichtigen Schritt vorwärts getan dadurch, daß er alle Farbenerscheinungen in drei große Gruppen sonderte, in die physiologischen, in die physischen und die chemischen Farben. Die physiologischen Farben sind nach Goethe diejenigen, welche durch die Zustände und Tätigkeit unseres Auges bedingt sind. Die physischen sind die, welche nach unserer heutigen Nomenklatur durch Beeinflussung der Lichtstrahlen und Ätherschwingungen entstehen, also die prismatischen Farben, die Farben bei der Brechung und Beugung des Lichtes, die Farbenerscheinung bei der Doppelbrechung durch Kalkspat u. a. m. Die chemischen Farben endlich sind die Körperfarben, die Farben der Steine, Wände, Kleidung, Papiere usf.[1]). Diese Goethesche Einteilung lehnt sich also eng an das Schema an, das wir oben vom Sehprozeß gegeben haben. Hierbei würde der Kerze die chemische, den Ätherwellen die physische und den Erregungen in der Netzhaut und im Gehirn die physiologische Farbe entsprechen. Goethe hat aber dadurch einen fundamentalen Irrtum begangen,

---

[1]) Heute würden wir den Gegensatz zwischen den physiologischen und den andern Farben so definieren, daß in dem einen Fall eine Farbenempfindung ohne äußeren Reiz entsteht, in dem andern Fall durch äußeren Reiz hervorgerufen wird.

daß er versucht hat, diejenige Methode auch auf die sinnesphysiologischen Probleme zu übertragen, welche sich ihm bei seinen morphologischen Studien so glänzend bewährt hatte, die Methode der kontinuierlichen Reihe. Er hat versucht die physiologischen, physischen und chemischen Farben so zu schildern, daß er, ausgehend von den physiologischen, die physischen und die chemischen allmählich schrittweise entwickeln wollte. Er hat wohl gesehen, daß in dem Gegensatz zwischen Objekt und Subjekt ein großes, schwieriges Problem verborgen liegt: „Hier ist es, wo sich der Praktiker in der Erfahrung, der Denker in der Speculation abmüdet und einen Kampf zu bestehen aufgefordert ist, der durch keinen Frieden und keine Entscheidung geschlossen werden kann." Aber er hat ebenso wie alle seine Zeitgenossen, außer Kant, versucht, den prinzipiellen Unterschied zwischen der physiologischen und der objektiven Seite des Sehprozesses außer acht zu lassen bzw. zu überbrücken, und daher schreibt sich der Irrtum in Goethes Farbenlehre. In diesem Irrtum aber ist Goethe das Kind seiner Zeit; und sein fundamentales Verdienst ist, daß er als einer der ersten auf die physiologischen Gesichtserscheinungen im Zusammenhang aufmerksam geworden ist und sie in ihrer Gesamtheit in klassischer und mustergültiger Weise dargestellt hat. Der Teil der Farbenlehre, welcher die

physiologischen Farben schildert, ist daher bis auf den heutigen Tag als bahnbrechend und wissenschaftlich grundlegend anzusehen. Ihm werden wir in unserer Besprechung die erste und wesentliche Stellung einräumen. Doch auch die anderen Teile von Goethes optischem Werk entbehren der Bedeutung nicht, weil sie eine vollständige Zusammenfassung und genaue tatsächliche Schilderung der Phänomene und Experimente darbieten, so daß selbst ein so genauer Kenner wie Helmholtz angibt, daß über die tatsächliche Richtigkeit irgend eines von Goethe geschilderten objektiven Vorganges und Experimentes niemals ein Zweifel habe obwalten können.

Jetzt haben wir die Grundlage gewonnen, von der aus das Goethesche Werk zu beurteilen sein wird. Eine genauere Kenntnis der Farbenlehre wird uns vor allem mit dem äußerst exakten Vorgehen des Naturforschers bekannt machen.

Goethe selbst hat uns am Schluß seiner Geschichte der Farbenlehre überliefert, wie er zu seinen optischen Studien gekommen ist. Schon als Student in Leipzig sah er in Winklers physikalischen Vorlesungen die optischen Versuche, welche in großer Zahl im Anschluß an Newtons Lehre angestellt wurden, und er behielt sie von daher bis in sein Alter wohl im Gedächtnis. Er berichtet aber, daß

er selbst nicht von der physikalischen Seite zur Farbenlehre gekommen sei, sondern von der künstlerischen. In den Jahren vor der italienischen Reise versuchte er vielfach sich als Maler und als Zeichner zu betätigen und gewann erst in Italien die Erkenntnis, daß ihm das eigentliche Talent hierzu mangele. Daher bemühte er sich auch vor allem um die technische Seite der Malerei, um ihre Regeln. In Italien studierte er von diesem Gesichtspunkte aus die Gesetze der Farbengebung an den Meisterwerken der Malerei und suchte sich vielfach auch bei Künstlern Rat zu erholen. Diese aber konnten ihm gewöhnlich nur ganz allgemeine Anhaltspunkte geben, sie unterschieden kalte und warme Farben und wußten, daß einzelne Farben sich gegenseitig in ihrer Leuchtkraft heben. Bestimmte Gesetze erfuhr aber Goethe von ihnen nicht. Angelika Kauffmann, mit der er in Rom nah verkehrte, wurde nun von ihm zu verschiedenen koloristischen Versuchen veranlaßt. Sie malte ein Bild zunächst grau in grau, das erst zum Schluß mit Farbe lasiert wurde; sie entwarf eine Landschaft, in der alle blauen Töne fehlten, und dergleichen mehr. Neben diesen malerischen Studien hielt Goethe auch in der freien Natur seine Augen offen und beobachtete eifrigst die atmosphärischen Farbenerscheinungen: grüne Schatten bei purpurnem Sonnenuntergang, die blaue Färbung entfernter Berge, die Farben naher Schat-

ten und manches andere. So wurden ihm die Farbenphänomene in Natur und Kunst vertraut. Nach der Rückkehr auf deutschen Boden trat die optische Beschäftigung zunächst zurück. Als aber Hofrat Büttner von Göttingen nach Jena übersiedelte und einen reichhaltigen optischen Apparat mitbrachte, lieh er einiges davon aus und beabsichtigte damit zu experimentieren. Es blieb aber bei dieser Absicht und Büttners Prismen blieben unberührt liegen, bis ihr Eigentümer ungeduldig wurde und sie immer energischer zurückverlangte. Schließlich wurde sogar ein Bote nach Weimar geschickt, um sie zu holen. So gedrängt, wollte sie Goethe gerade aushändigen, als er noch rasch einen Blick durch ein Prisma warf. Dieser Moment ist für Goethes ganze späteren optischen Studien entscheidend. Ihm war von der Studienzeit her im Gedächtnis geblieben, daß durch ein Prisma weißes Licht in farbiges zerlegt werde, und als er durch Büttners Prisma die weiße Wand seines Zimmers betrachtete, erwartete er fälschlich die ganze Wand in Regenbogenfarben schillern zu sehen. Das war nun natürlich nicht der Fall. Die Wand erschien weiß, nur ihre Ränder und die Stäbe des Fensterkreuzes zeigten die prismatischen Farben. Goethe stutzt, und es fällt ihm ein, die Newtonsche Theorie des Lichts müsse falsch sein. Er behält die Prismen zurück und beginnt nun 1790 aufs eifrigste zu experimentieren.

Mehr und mehr befestigt sich in ihm die Überzeugung von der Unrichtigkeit der Newtonschen Lehre, aber alle Bemühungen, diese Überzeugung auch andern Leuten zu vermitteln, scheitern, besonders die Physiker verhalten sich Goethes immer dringender werdenden Demonstrationen gegenüber völlig ablehnend. Doch immer tiefer versenkt er sich in seine Überzeugung. Er läßt sich schließlich Newtons Werke kommen und macht seine Versuche in allen Einzelheiten aufs sorgfältigste nach. Diese Experimente scheinen ihm nun absichtlich kompliziert zu sein, um den wahren Sachverhalt zu verdecken, und er geht jetzt daran, selbst die einfachen grundlegenden Versuche anzustellen und zu schildern. Von den physikalischen Forschungen gelangt Goethe dann wieder zurück zu den physiologischen. Er studiert die Phänomene der farbigen Schatten, er vertieft sich schließlich von Jahr zu Jahr immer mehr in die Farbenlehre, bis schließlich nach mehr als zwanzigjähriger Tätigkeit das gesamte Werk abgeschlossen wird und 1810 erscheint.

Wie rasch aber Goethe besonders am Anfang arbeitete, ist daraus zu ersehen, daß er schon im Jahre 1791 das erste Stück seiner Beiträge zur Optik erscheinen ließ, mit Abbildungen, die in Spielkartenformat in einer Kartenfabrik gedruckt waren. Diese wurden „mit schlechtem Dank und hohlen Redensarten der Schule beiseite geschoben.“ Das zweite

Stück der Beiträge erschien 1792; in demselben Jahre schrieb er den ersten Aufsatz über die farbigen Schatten, der das dritte Stück seiner Beiträge bilden sollte und das höchste Interesse des Physikers und Satyrikers Lichtenberg in Göttingen erregte. Im Jahre 1793 wurde im Lager von Marienborn ein kleiner Aufsatz, „einige allgemeine chromatische Sätze“, geschrieben. In demselben Jahre verfaßte er höchst wahrscheinlich noch den „Versuch die Elemente der Farbenlehre zu entdecken“, den Aufsatz „über Newtons Hypothese der diversen Refrangibilität“ und „über Farbenerscheinungen bei der Refraktion“. Das endgültige Hauptwerk: „Zur Farbenlehre“ erschien in zwei Bänden mit einem Tafelheft. Der erste Band enthält: „Entwurf einer Farbenlehre. Des Ersten Bandes Erster, didaktischer Teil“ und „Enthüllung der Theorie Newtons. Des Ersten Bandes Zweiter, polemischer Teil“. Der zweite Band besteht fast ganz aus den „Materialien zur Geschichte der Farbenlehre. Des Zweiten Bandes Erster, historischer Teil“. Ein beabsichtigter zweiter supplementarer Teil ist nie erschienen. „Statt des versprochenen supplementaren Teils“ läßt Goethe einen Aufsatz von Seebeck „Wirkung farbiger Beleuchtung“ abdrucken. Seine späteren optischen Aufsätze sind in den Heften „Zur Naturwissenschaft“ erschienen. So weit die bibliographischen Notizen. Lassen Sie uns jetzt zur

Sache, zum Inhalt von Goethes Farbenlehre übergehen.

Goethe geht in dei Einleitung davon aus, daß wir durch unser Sinnesorgan über das eigentliche Wesen des Lichtes nichts Direktes wahrnehmen können, sondern nur seine Wirkung erfahren. Die wichtigsten Wirkungen sind die Farben. „Die Farben sind Thaten des Lichts, Thaten und Leiden.“ Für die Erkenntnis unserer sichtbaren Welt sind nun die Farben von wesentlicher Bedeutung. „Die ganze Natur offenbart sich durch die Farbe dem Sinn des Auges.“ Er spricht von der Welt des Auges, die durch Gestalt und Farbe erschöpft wird, und frägt: „Gehören die Farben nicht ganz eigentlich dem Gesicht an?“ Die Empfindungen Schwarz, Weiß und die Farben sind nach unserer heutigen Bezeichnungsweise die Qualitäten, d. h. die verschiedenen Empfindungsarten des Auges. Unser Auge vermittelt uns nur solche Qualitäten. Diese Erkenntnis spricht Goethe schon mit aller Deutlichkeit aus, wenn er sagt: „Hell, dunkel und Farben zusammen machen allein dasjenige aus, was den Gegenstand vom Gegenstand, die Teile des Gegenstands voneinander fürs Auge unterscheidet, und so erbauen wir aus diesen dreien die sichtbare Welt.“ Wie entsteht nun ein Auge? Goethe beantwortet diese Frage von demselben Standpunkte, von dem aus er die tierische Formbildung überhaupt

betrachtet. Das Auge soll durchs Licht fürs Licht gebildet sein; aus gleichgültigen tierischen Hilfsorganen soll unter dem Einfluß des Lichts ein so zweckmäßiges Sinnesorgan entstanden sein. Wir erinnern uns, daß Goethe dieselbe Vorstellungsart entwickelte, als er die Fische durchs Wasser fürs Wasser, die Vögel durch die Luft für die Luft gebildet sein ließ. Es wird dann in der Einleitung weiter darauf hingewiesen, daß die alten ionischen Philosophen lehrten, es könne nur Gleiches von Gleichem erkannt werden, und welche daher dem Auge auch Licht zuschrieben. „Wär' nicht das Auge sonnenhaft, wie könnten wir das Licht erblicken?" Er meint nun von seinem Standpunkte aus dies etwa so ausdrücken zu können: „Im Auge wohnt ein ruhendes Licht, das bei der mindesten Veranlassung von innen oder von außen erregt wird." Dieses ruhende Licht bezeichnen wir heute als Lichtempfindung, die durch innere oder äußere Ursachen hervorgerufen werden kann. Goethe ist hier also der Erkenntnis, daß Licht und Farbe nur unsere Empfindungen sind, ganz außerordentlich nahe gekommen, hat aber trotzdem diese Konsequenz nicht gezogen und spricht kurz darauf von der Farbe als einem Naturphänomen für den Sinn des Auges.

Der erste Abschnitt von Goethes Farbenlehre behandelt die physiologischen Farben. Es ist schon eine große wissenschaftliche Tat, diesen Ab-

schnitt an die Spitze zu stellen und als das Fundament der ganzen Lehre zu bezeichnen. Diese Farbenerscheinungen, welche man früher nur für zufällig, täuschend oder krankhaft gehalten hatte, beruhen nach Goethe auf der Tätigkeit des gesunden Auges, über dessen Eigenschaften wir durch sie Sicheres erfahren. Sehr scharf wendet sich Goethe gegen die Anschauung, daß es sich hier um Gesichtstäuschungen handle. „Gesichtstäuschungen sind Gesichtswahrheiten“, und „es ist eine Gotteslästerung zu sagen, daß es einen optischen Betrug gibt“. Gerade aus den Fällen, in denen unser Auge uns Empfindungen vermittelt, die den Vorgängen in der Außenwelt entsprechen, können wir nichts über die normale Tätigkeit dieses Organs erfahren; die physiologischen Farbenerscheinungen lehren uns dagegen die Eigenschaften des Auges kennen. Goethe hat hier in aller Kürze, aber doch eingehend genug ein Lehrbuch der physiologischen Optik geschrieben. Hier liegen auch nach ihm die Ursachen der chromatischen Harmonie begründet. Da er in seinen Studien von der Untersuchung des malerischen Kolorits ausgegangen war, so mußte ihn die Frage, worauf denn die Farbenharmonie beruhe, lebhaft interessieren. Seine Studien haben ihn zu der Erkenntnis geführt, daß sie durch die physiologischen Eigenschaften unseres Auges bedingt sei.

Der erste Abschnitt „Licht und Finsternis zum Auge“ setzt das Verhalten des Auges zur Belich-

tung und Verdunkelung auseinander. Die Netzhaut befindet sich nach Goethe bei Belichtung und Verdunkelung in zwei verschiedenen, und zwar entgegengesetzten Zuständen. Trotzdem bezeichnet er das Schwarz nicht als eine eigentliche Empfindung, wie es heute geschieht, sondern als einen Mangel an Empfindung. Die Erregbarkeit des Auges zeigt nun im Dunkeln und im Hellen sehr starke Veränderungen. Diese Zustände, die wir als Adaption bezeichnen, sind Ihnen allen aus Erfahrung bekannt. Wenn wir in ein dunkles Zimmer treten, so sehen wir zunächst gar nichts; erst nach einiger Zeit gewöhnt sich unser Auge an die geringe hier herrschende Helligkeit, und wir beginnen allmählich die Gegenstände immer besser zu unterscheiden. Goethe hat die zur Dunkeladaption erforderliche Zeit zu ein bis acht Minuten bestimmt. Umgekehrt werden wir, wenn wir aus dem Dunklen ins Helle treten, geblendet und können erst nach einiger Zeit die Gegenstände wieder gut unterscheiden. Im Dunkeln wird die Empfindlichkeit unseres Auges gesteigert, im Hellen herabgesetzt. Darauf beruht es nach Goethe, daß wir am Tage die Sterne nicht sehen, obwohl sie am Himmel stehen und dieselbe Lichtmenge wie des Nachts zu uns herunter schicken. Wir sehen auch faulendes Holz im hellen Tageslicht aus diesem Grunde nicht leuchten, nicht aber weil die Erscheinung nur des Nachts tatsächlich eintritt.

Der nächste Abschnitt „Schwarze und weiße Bilder zum Auge“ handelt zunächst von den Irradiationserscheinungen. Sie sehen auf der oberen Hälfte von Fig. 6, daß eine weiße Scheibe auf schwarzem Grunde größer aussieht als eine schwarze Scheibe von gleichem Umfang auf weißem Grunde. So scheint auch die leuchtende Mondsichel einem größeren Kreis anzugehören als die dunkle Mondscheibe, die man an klaren Nächten gleichzeitig sieht. Schwarze Kleider machen schlank, weiße dick. Ein Lineal, das man quer vor eine leuchtende Kerze hält, scheint an der Stelle, wo es die Flamme schneidet, durch diese eingekerbt zu sein. Ich möchte hier nicht die heutige Theorie der Irradiationserscheinung auseinandersetzen, welche etwas kompliziert ist, sondern nur die interessante Deutung erwähnen, die Goethe diesen Phänomenen wenn auch mit aller Vorsicht und nur hypothetisch gibt. Er stellt sich vor, daß im Dunkeln die Netzhaut in sich zusammengezogen ist und sich bei Belichtung flächenhaft ausbreitet. Dasselbe tritt ein, wenn die Netzhaut gleichzeitig das Bild schwarzer und weißer Gegenstände empfängt. Dann bleibt sie an den Stellen, die nicht vom Licht getroffen werden, zusammengezogen und breitet sich an den belichteten aus. So beruht also nach Goethe die Vergrößerung des weißen Bildes auf einer objektiven Größenzunahme und Ausdehnung der belichteten Netzhautstelle. Be-

wegungserscheinungen der Netzhaut haben sich in dieser Form nicht nachweisen lassen. Die Hypothese muß daher aufgegeben werden. Sie ist aber deshalb von größtem Interesse, weil Goethe hier schon überhaupt Bewegungserscheinungen der Netzhaut durch Belichtung angenommen hat. Solche Phänomene sind in der Folgezeit verschiedentlich bekannt geworden, und wir wissen jetzt, daß durch Belichtung Verlängerungen und Verkürzungen der Stäbchen und Zapfen in der Netzhaut eintreten können, und daß ganz gesetzmäßige Wanderungen schwarzen Pigments zu beobachten sind.

Es werden sodann die positiven Nachbilder geschildert. Fixieren wir mit wohl ausgeruhtem Auge kurze Zeit das Fensterkreuz und schließen sodann die Lider, so bleibt das Bild noch einige Zeit lang bestehen. Die Erscheinung ist allbekannt, daß, wenn man zufällig in die strahlende Sonne gesehen hat und darauf geblendet das Auge schließt, das leuchtende Sonnenbild noch eine Zeit im Auge bleiben kann. Auch hier hat Goethe die zeitliche Dauer der Nachbilder bestimmt. Er findet sie abhängig von der Intensität der Beleuchtung und vor allem von der Empfindlichkeit, vom Adaptionszustande des Auges. Bei Augenkranken können sie eine Viertelstunde und länger dauern.

Genau das Umgekehrte tritt auf, wenn man nach Fixierung z. B. des Fensterkreuzes nicht ins Dunkle,

sondern ins Helle, auf eine graue oder weiße Wand sieht. Dann erblickt man das umgekehrte, negative Nachbild, nach Goethes Ausdrucksweise „das geforderte Bild“. Wenn Sie z. B. eine weiße Scheibe auf schwarzem Grunde (Fig. 6) längere Zeit fixieren und danach auf eine weiße Fläche blicken, so sehen Sie einen dunklen Kreis auf hellem Grunde. Goethe gibt gleich die richtige Erklärung. Starren wir längere Zeit auf eine schwarze und weiße Fläche, so bleiben die Teile der Netzhaut, auf die das schwarze Bild fällt, ausgeruht (dunkeladaptiert), während die Teile, auf die das weiße Bild fällt, ermüdet, in ihrer Empfindlichkeit herabgesetzt (helladaptiert) werden. Fällt nun nachher das Bild einer gleichmäßig grauen Fläche ins Auge, so trifft dies verschiedene Teile der Netzhaut in verschiedenem Erregungszustande. Die Teile, auf die vorher das dunkle Bild gefallen war, sind erregbarer und sehen daher das graue Papier an den entsprechenden Stellen heller. Sehr zahlreich sind die Fälle, in denen sich dies Phänomen beobachten läßt. Z. B. sehen wir um dunkel gekleidete Personen auf hellem Grunde eine Gloriole, einen Heiligenschein, der besonders deutlich wird, wenn z. B. Menschen im Gebirge sich gegen den grauen Himmel abheben. Es ist „das geforderte Bild“, das bei kleinen Augenbewegungen über die Konturen der dunkeln Personen herübergreift. Diese Erscheinung bezeichnet man als

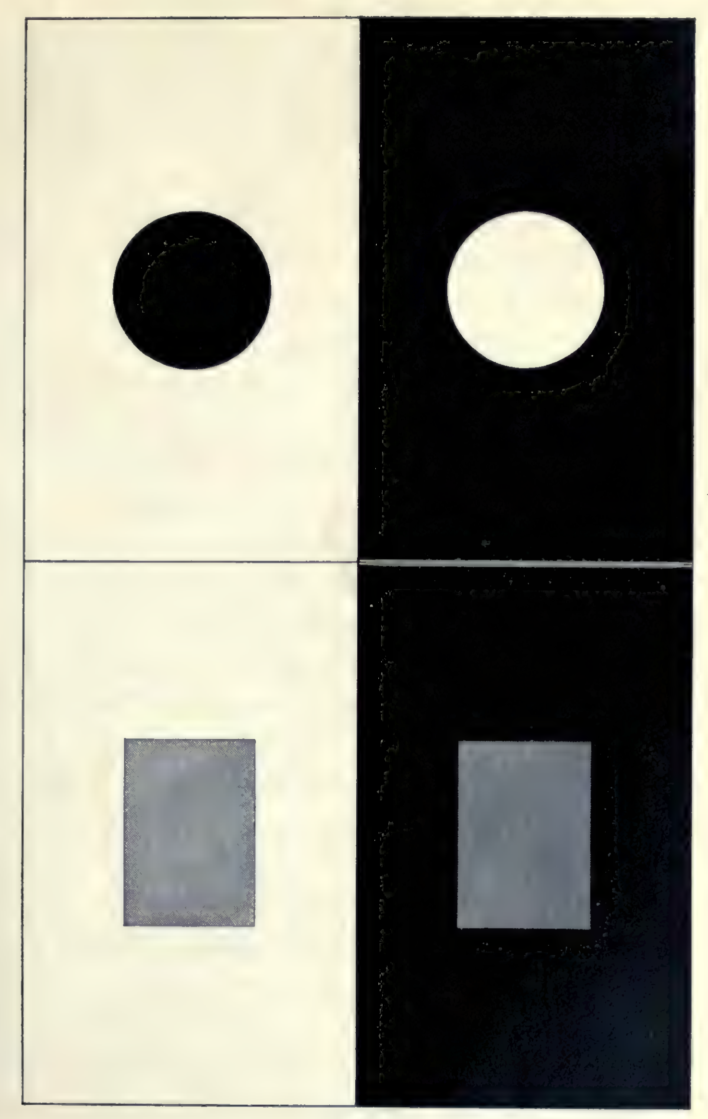


Fig. 6.

Successivkontrast. Im Gegensatz hierzu unterscheidet man einen Simultankontrast, zu dessen Schilderung Goethe in dem nächsten Abschnitt „Graue Flächen und Bilder“ übergeht. Sie sehen auf der unteren Hälfte von Fig. 6 zwei graue Rechtecke. Das auf weißem Grunde erscheint dunkler, das auf schwarzem Grunde heller. In Wirklichkeit sind sie aber genau gleich hell. Goethe deutet dieses Phänomen physiologisch, es beruht nach ihm auf einer Lebensäußerung der Netzhaut. Wenn irgend welche Teile der Retina durch Licht getroffen werden, so ändert sich nicht nur ihre eigene Empfindlichkeit, sondern auch die der umliegenden Netzhautpartien. Diejenigen Stellen der Retina, auf welche die beiden gleichgrauen Bilder fallen, haben eine verschiedene Empfindlichkeit, weil die umliegenden Netzhautteile das eine Mal von weißem Licht, das andere Mal von keinem Licht getroffen werden. Einige andere hierher gehörige Beispiele führt Goethe des weiteren noch an. In der Deutung des Simultankontrastes nimmt er einen ganz modernen Standpunkt ein. Noch Helmholtz hatte den Simultankontrast auf psychologische Ursachen bezogen; es sollte ihm eine Urteilstäuschung zugrunde liegen. Die neuere Forschung hat aber immer mehr Fälle bekannt gemacht, in denen solche Urteilstäuschungen ausgeschlossen sind, und bekennt sich daher mehr und mehr zu dem Goetheschen Standpunkt. Wir

haben im Simultankontrast ein physiologisches Phänomen zu sehen, eine „Induktion“ von einem Teil der Netzhaut auf einen anderen, wodurch dessen Erregbarkeit geändert wird.

Goethe geht nun zu den Farbenerscheinungen über und bespricht zunächst solche Fälle, in denen Farbenempfindungen nach Belichtung mit weißem Licht auftreten; das beste Beispiel liefert das farbige Abklingen der Blendungsbilder, wie wir es von der Sonne oder im Dunkelzimmer von stark belichtetem weißen Papier empfangen. Sehen wir danach ins Dunkle, so wird das ursprüngliche gelbe Sonnenbild allmählich farbig. Für Goethes Augen war die Reihenfolge so, daß zuerst das Bild purpur, dann blau, dann grau gefärbt wurde. Er bestimmte die zeitliche Dauer der verschiedenen Farbenerscheinungen und fand sie sehr wechselnd, meinte aber, daß sich vielleicht ein konstantes Verhältnis zwischen der Dauer der einzelnen Phasen finden lasse. Hieran hat dann später Purkinje in seinen „Beiträgen zur Kenntnis des Sehens in subjektiver Hinsicht“ angeknüpft. Ganz anders wurden nun die Farben, wenn Goethe das Blendungsbild nicht auf dunklem, sondern auf hellem Grund abklingen ließ. Sah er auf ein weißes Blatt Papier, so erschien ihm das Nachbild der Sonne nicht gelb, sondern blau, die nächste Phase war nicht purpur, sondern grün, die dritte gelb statt blau. Schließlich ging das Bild ebenfalls

in grau über. Sehr schön läßt sich dieses gegensätzliche Verhalten erkennen, wenn man das Nachbild auf ein Blatt Papier fallen läßt, das zur Hälfte schwarz, zur Hälfte weiß gefärbt ist; dann sieht man gleichzeitig in der einen Hälfte die Folge gelb, purpur, blau, während in der andern Hälfte blau, grün, gelb erscheint. So können Farbenempfindungen in einem Auge entstehen, in welches vorher nur weißes Licht gefallen war. Diese Farben sind verschieden, je nachdem die Netzhaut in Ruhe bleibt oder gleichzeitig durch weißes Licht gereizt wird. In letzterem Falle erscheint die Komplementärfarbe, nach Goethes Ausdruck die „geforderte“ Farbe. Ein schönes Beispiel, welches gleichzeitig lehrt, wie Goethe in der Natur seine Augen offen hielt und zu beobachten pflegte, findet sich in der Farbenlehre. „Ich befand mich gegen Abend in einer Eisenschmiede, als eben die glühende Masse unter den Hammer gebracht wurde. Ich hatte scharf darauf gesehen, wendete mich um und blickte zufällig in einen offenstehenden Kohlenschoppen. Ein ungeheures purpurfarbnes Bild schwebte nun vor meinen Augen, und als ich den Blick von der dunklen Öffnung weg, nach dem hellen Bretterverschlag wendete, so erschien mir das Phänomen halb grün, halb purpurfarben, je nachdem es einen dunklern oder hellern Grund hinter sich hatte.“ Ebenso wird von Goethe das Purpursehen der Schneeblinden, welche

längere Zeit ohne Schutzbrillen über Gletscher gewandert sind, als solche Blendungsfarbe gedeutet.

Nach dieser Vorbereitung erörtert Goethe die Erscheinungen, welche bei Betrachtung farbiger Bilder auftreten, und schildert zunächst die negativen farbigen Nachbilder. Wenn man auf einer weißen Papiertafel ein rotes Papierstückchen (z. B. eine Zehnpfennigmarke) befestigt und dieses längere Zeit fixiert, so sieht man nachher, wenn das Auge auf einen gleichmäßig weißen Grund gerichtet wird, ein grünes Nachbild. War das Papier vorher grün (eine Fünfpfennigmarke), so ist das Nachbild rot, nach orange ist es blau, nach gelb violett, und umgekehrt. Dieses Auftreten der geforderten Farbe nennen wir Successivkontrast, und Goethe gibt auch hierfür die noch heute gültige physiologische Deutung. Es erscheint uns bei diesem Versuch „die zur Opposition aufgeforderte und durch den Gegensatz eine Totalität hervorbringende Lebendigkeit der Netzhaut". Der Sinn dieses nicht leicht zu verstehenden Satzes ist, daß es sich bei dem Phänomen um eine Lebensäußerung, um eine Reaktion der Netzhaut handelt, welche unter dem Einfluß des Reizlichtes ihre Erregbarkeit so ändert, daß sie für die Gegenfarbe erregbarer (zur Opposition aufgefordert) wird. Da nun, wie wir gleich sehen werden, Reizlicht und Gegenfarbe sich ergänzen und aufheben, so wird durch diesen Gegensatz eine Totali-

tät hervorgebracht. Goethe hat an einer andern Stelle sich folgendermaßen ausgedrückt: „Wenn das Auge die Farbe erblickt, so wird es gleich in Thätigkeit gesetzt, und es ist seiner Natur gemäß, auf der Stelle eine andere, so unbewußt als notwendig, hervorzubringen, welche mit der gegebenen die Totalität des ganzen Farbenkreises enthält. Eine einzelne Farbe erregt in dem Auge, durch eine spezifische Empfindung, das Streben nach Allgemeinheit." Daß es sich bei diesen negativen Nachbildern um tatsächliche farbige Erregungen in der Netzhaut handelt (Successivinduktion), dafür gibt Goethe einen schönen Beweis. Er zeigt an einer späteren Stelle der Farbenlehre, daß man die Farbe des negativen Nachbildes mit der Farbe irgend eines objektiven Papierstückes mischen könne, und daß dabei die gesetzmäßige Mischfarbe auftritt. Auf Grund dieser Tatsachen hat nun Goethe einen Farbenkreis konstruiert, aus dem sich die geschilderten Erscheinungen sofort ableiten lassen.



Fig. 7.

In diesem Kreis (Fig. 7) stehen sich die Farben gerade gegenüber, welche sich gegenseitig fordern. Er enthält nach Goethes Ansicht, der in dem Grün keine einheitliche, sondern eine Mischfarbe sah, drei

einfache Farben: blau, gelb und purpur (rot), und drei Mischfarben: grün, orange und violett. Es stehen sich immer eine einfache und eine Mischfarbe gegenüber. Da die geforderte Mischfarbe (orange, violett, grün) immer aus den zwei andern Farben zusammengesetzt ist, als das einfache Reizlicht (blau, gelb, purpur), so sehen wir, wie nach Goethe das Reizlicht und die geforderten Farben zusammen immer eine Totalität liefern müssen, indem sie immer aus den drei Grundfarben zusammengesetzt sind. Das ist die physiologische Dreifarbentheorie, wie sie Goethe gegeben hat. Sie hat mit der Young-Helmholtzschen Dreifarbentheorie gar nichts zu tun, zeigt vielmehr eine nähere Verwandtschaft mit der Heringschen Theorie der Gegenfarben, weil sie ebenfalls von den Empfindungen ausgeht.

Der Farbenkreis, wie er sich in neuern physiologisch-optischen Lehrbüchern findet, hat ein anderes Aussehen. Hier stehen sich grün und rot, blau und gelb gegenüber. Wir dürfen daraus aber nicht schließen, daß Goethes Farbenkreis etwa fehlerhaft konstruiert sei. Es ist nur ein anderes Konstruktionsprinzip verwendet worden. Hering z. B. konstruiert seinen Farbenkreis so, daß immer zwei gegenüberstehende Farben bei der Mischung grau oder weiß ergeben, während Goethe die physiologischen Kontrastfarben einander gegenüberstellt. Das ist aus Gründen, deren Erörterung hier zu weit führen

würde, nicht ganz dasselbe. Goethes Farbenkreis beruht auf außerordentlich genauen Beobachtungen. So gelangt er zu dem Schluß, daß die Farbenempfindungen unseres Auges einen in sich abgeschlossenen Ring bilden, der aus drei Grundfarben und den dazwischenliegenden Übergängen besteht. Dadurch scheidet sich das Farbensystem unseres Auges scharf vom objektiven Farbensystem, wie es im Spektrum vorhanden ist. Dieses bildet eine einfache lineare Reihe vom Rot über Gelb, Grün, Blau zum Violett; das Auge erst schließt diese Reihe zum Kreis dadurch, daß es eine Farbenempfindung besitzt, für welche im Spektrum das entsprechende Reizlicht nicht vertreten ist, und welche erst bei Mischung des äußersten spektralen Rots und Violetts auftritt, den Purpur. Dieser Goethesche Purpur stellt nach seiner Ansicht das reinste Rot dar, welches keine Spur von Blau oder Gelb beigemischt enthält. Von dem modernen Heringschen Farbensystem unterscheidet das Goethesche sich dadurch, daß Grün als eine Mischfarbe betrachtet wird. Goethe war hier durch die Erfahrung irregeleitet, daß man bei der Malerei Grün aus Gelb und Blau mischen kann. Das liegt aber nur an der Unreinheit der verwendeten Pigmente. Reines spektrales Blau und Gelb gemischt geben grau oder weiß. Aus diesem Irrtum ist aber Goethe kein Vorwurf zu machen, denn die Erkenntnis der Mischungsverhältnisse von Blau und

Gelb ist erst fünfzig Jahre nach Goethe durch die Untersuchungen von Helmholtz ermöglicht worden. Es ist interessant, daß bei Goethe ebenso wie bei dem Physiker Brewster die Gewißheit, Grün sei eine Mischfarbe, so weit ging, daß sie im Grün den gelben und den blauen Anteil zu erkennen glaubten, während es doch tatsächlich unmöglich ist, sich ein gelbliches Blau oder bläuliches Gelb vorzustellen[1]). Abgesehen von diesem einen Punkte entspricht Goethes Dreifarbentheorie, soweit es das Wissen der Zeit erlaubte, in den wesentlichen Zügen der späteren Vierfarbentheorie Herings.

Sehr anschaulich sind wieder die Beispiele, die Goethe für den Successivkontrast anführt. „Als ich gegen Abend in ein Wirtshaus eintrat und ein wohlgewachsenes Mädchen mit blendendweißem Gesicht, schwarzen Haaren und einem scharlachroten Mieder zu mir ins Zimmer trat, blickte ich sie, die in einiger Entfernung vor mir stand, in der Halbdämmerung scharf an. Indem sie sich nun darauf hinwegbewegte, sah ich auf der mir entgegenstehenden weißen Wand ein schwarzes Gesicht, mit einem

---

[1]) Goethe hat allerdings beachtet, daß Grün uns nicht so deutlich als Mischfarbe erscheint, wie z. B. Orange oder Violett. So sagt er: „Die Mischung Grün hat etwas Spezifisches für das Auge“ und bemerkt, daß „das Auge und das Gemüt auf diesem Gemischten wie auf einem Einfachen“ ruhe. Den Schluß, daß Grün eine einheitliche Grundempfindung sei, hat er aber nicht gezogen.

hellen Schein umgeben, und die übrige Bekleidung der völlig deutlichen Figur erschien von einem schönen Meergrün." Dieses Erlebnis muß einen tiefen Eindruck auf ihn gemacht haben, denn unter den optischen Papieren im Goethehaus befindet sich noch heute das Bild eines Mädchens in den Kontrastfarben (s. unten S. 240, Fig. 9, Nr. 6). Hat man dieses längere Zeit fixiert, so sieht man nachher auf weißem Grunde ein deutliches Frauenbild.

Das nächste hierher gehörige Phänomen hat Goethe längere Zeit beschäftigt und wird auch in seiner Korrespondenz mehrfach erwähnt. „Man erzählt, daß gewisse Blumen im Sommer bei Abendzeit gleichsam blitzen, phosphorescieren oder ein augenblickliches Licht ausströmen. Einige Beobachter geben diese Erfahrungen genauer an. ... Am 19. Jun. 1799, als ich zu später Abendzeit, bei der in eine klare Nacht übergehenden Dämmerung, mit einem Freunde im Garten auf- und abging, bemerkten wir sehr deutlich an den Blumen des orientalischen Mohns, die vor allen andern eine sehr mächtig rote Farbe haben, etwas Flammenähnliches, das sich in ihrer Nähe zeigte. Wir stellten uns vor die Stauden hin, sahen aufmerksam darauf, konnten aber nichts weiter bemerken, bis uns endlich, bei abermaligem Hin- und Wiedergehen, gelang, indem wir seitwärts darauf blickten, die Erscheinung so oft zu wiederholen, als uns beliebte. Es zeigte sich,

daß es ein physiologisches Farbenphänomen, und der scheinbare Blitz eigentlich das Scheinbild der Blume in der geforderten blaugrünen Farbe sei.... Die Dämmerung ist Ursache, daß das Auge völlig ausgeruht und empfänglich ist, und die Farbe des Mohns ist mächtig genug, bei einer Sommerdämmerung der längsten Tage, noch vollkommen zu wirken und ein gefordertes Bild hervorzurufen.... Will man indessen sich auf die Erfahrung in der Natur vorbereiten, so gewöhne man sich, indem man durch den Garten geht, die farbigen Blumen scharf anzusehen und sogleich auf den Sandweg hinzublicken; man wird diesen alsdann mit Flecken der entgegengesetzten Farbe bestreut sehen. Diese Erfahrung glückt bei bedecktem Himmel, aber auch selbst beim hellsten Sonnenschein, der, indem er die Farbe der Blume erhöht, sie fähig macht die geforderte Farbe mächtig genug hervorzubringen, daß sie selbst bei einem blendenden Lichte noch bemerkt werden kann. So bringen die Päonien schön grüne, die Calendeln lebhaft blaue Spectra[1]) hervor."

Eine farbige Belichtung, welche eine Stelle der Netzhaut trifft, ändert aber nicht nur die „chromatische Stimmung" an dieser selben Stelle, sondern vermag auch auf die umliegenden Netzhautbezirke

---

[1]) Spectra = Nachbilder.

eine ähnliche Wirkung auszuüben. Wir kommen damit zur Besprechung der Fälle, welche heute als farbiger Simultankontrast bezeichnet werden. Goethe hat sie in besonders eingehender Weise studiert und ihnen die physiologische Deutung gegeben. Wird an einer gelben Wand ein Stückchen weißes Papier befestigt, so bekommt dieses, aus der Entfernung gesehen, einen violetten Schein. Legt man geblümten Musselin auf ein lebhaft grün gefärbtes Papier, so scheint die Unterlage durch die durchsichtigen Stellen des Musselins grünlich hindurch, die undurchsichtigen weißen Blumen erscheinen in der geforderten Komplementärfarbe rötlich. Sieht man durch die Zwischenräume des herabgelassenen grünen Fensterladens aus dem Zimmer auf ein gegenüberliegendes graues Haus, so sehen dessen Wände ebenfalls rötlich aus. Am Meeresstrand sieht man die grünen Wellen lebhafte purpurne Schatten werfen.

„Siehst auf und ab lichtgrüne schwanke Wellen,
Mit Purpursaum, zu schönster Wohnung schwellen“
(Faust).

Alle diese Fälle haben das Gemeinsame, daß eine Netzhautstelle farbig erregt wird und dadurch andere Netzhautstellen disponiert werden, die Komplementärfarben erscheinen zu lassen. Diesen Vorgang physiologisch gedeutet zu haben ist Goethes Verdienst. „Mahlt sich auf einem Theile der Netzhaut ein farbiges Bild, so findet sich der übrige Theil so-

gleich in einer Disposition, die bemerkten correspondirenden Farben hervorzubringen.“ Diese physiologische Deutung Goethes, die sich eng an seine Auffassung des farblosen Simultankontrastes anschließt, ist keineswegs die einzig mögliche. Helmholtz hat auch den farbigen Simultankontrast auf psychische Ursachen zurückzuführen und als Urteilstäuschungen zu deuten versucht. Neuerdings ist man aber mehr und mehr wieder zu der Goetheschen Ansicht gekommen. Man sieht im Simultankontrast den Ausdruck für eine „farbige Induktion“, die ein Netzhautbezirk auf den andern auszuüben imstande ist, in dem Sinne, daß bei Belichtung eines Netzhautteiles die chromatische Stimmung der Umgebung gegen die geforderte Farbe hin verschoben wird. Dafür, daß es sich tatsächlich beim Simultankontrast um farbige Erregungen der Netzhaut handelt, hat Goethe einen sehr schönen experimentellen Beweis angegeben. Fixiert man längere Zeit ein orange Viereck auf weißem Grund, so bekommt man nachher, wenn der Blick auf eine gleichmäßig weiße Fläche fällt, ein lebhaft blau-grünes Nachbild; ist dieses kräftig genug, so sieht man die Umgebung dieses Nachbildes nicht weiß, sondern deutlich orange. Hier tritt also in der Umgebung des farbig gereizten Netzhautbezirks an Stellen, welche während des ganzen Versuchs nur von weißem Lichte getroffen worden sind, eine Farbenerscheinung auf. Dieser

Simultankontrast gegen ein farbiges Nachbild ist vielleicht der Versuch Goethes, der am schlagendsten die physiologische Natur dieser Phänomene beweist. Aber damit nicht genug. Goethe zeigt an einer andern Stelle der Farbenlehre weiter, daß man die Farben, welche durch Simultankontrast erscheinen, mit objektiv dargebotenen Reizlichtern mischen kann, wenn man auf eine farbige Fläche blickt. Goethes Beispiel bezieht sich allerdings auf den nicht ganz reinen Fall der Mischung von subjektivem Blau und objektivem Gelb zu Grün, aber er gibt ausdrücklich an, daß auch alle übrigen Mischungen in typischer Weise zu erzielen sind. So wird die farbige Erregung nicht gereizter Netzhautpartien durch Induktion von ihm nicht nur behauptet, sondern auch bewiesen. Die den Malern bekannte Tatsache, daß nebeneinandergestellte Komplementärfarben sich auf Bildern gegenseitig „heben", d. h. in ihrer Leuchtkraft verstärken, wird von Goethe mit Recht ebenfalls auf Simultankontrast bezogen.

Die größten Triumphe feierte diese neue Erkenntnis, als sie zur Aufklärung einer Erscheinung verwendet wurde, welche schon früher vielfach bekannt, aber falsch gedeutet war. Goethe hat die farbigen Schatten auf den Simultankontrast zurückgeführt. Schon früh hatte er dieselben in der Natur mit aufmerksamem Auge beobachtet, auf seinen Reisen

im Harz, in der Schweiz und Italien drängten sie sich ihm immer von neuem auf, und schon im Jahre 1792 veröffentlichte er einen kleinen Aufsatz „Über die farbigen Schatten", in dem die Bedingungen ihres Auftretens auf das Sorgfältigste experimentell dargelegt werden. Die richtige Deutung findet sich jedoch in diesem Aufsatze noch nicht. Sie wird erst 18 Jahre später in dem Hauptwerk gegeben. Die Erscheinung selbst ist allbekannt. Stellt man gegen Abend, wenn das Tageslicht gedämpft ins Zimmer dringt, eine brennende Kerze so auf, daß ein weißes Blatt Papier, das auf dem Tische liegt, vom Tageslicht und Kerzenlicht gleichzeitig getroffen wird, und läßt nun von einem senkrecht gestellten Bleistift oder Lineal zwei Schatten auf das Papier fallen (s. Fig. 8), der eine vom Kerzenlicht geworfen und vom Tageslicht erhellt, der andere umgekehrt vom Tageslicht geworfen und vom Kerzenlicht erhellt, so sieht man den einen Schatten gelb, den andern in lebhaftem Blau erscheinen. Dieses Blau ist oft so kräftig, daß die früheren Beobachter die Farbe für objektiv hielten und viele sie als Reflex vom blauen Himmel her erklärten. Um was es sich tatsächlich dabei han-

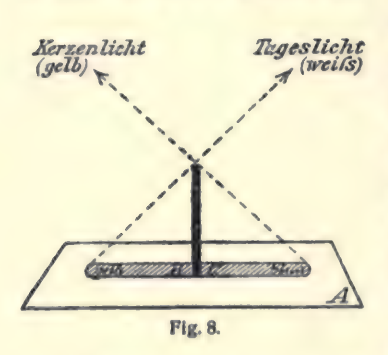


Fig. 8.

delt, wird klar, wenn man sich überlegt, welches Licht die einzelnen Partien des weißen Papiers bei diesem Versuche bekommen. Der weiße Grund *A* (siehe Figur 8) erhält weißes Licht vom Fenster und gelbes Licht von der Kerze, der eine Schatten *B* erhält nur gelbes Kerzenlicht, der andere *C* nur weißes Tageslicht; dieser letztere erscheint blau, und zwar, wie Goethe gezeigt hat, deshalb, weil die Umgebung *A* dieses Schattens, welche uns bei oberflächlicher Betrachtung einfach weiß erscheint, in Wirklichkeit durch das Gemisch von Tages- und Kerzenlicht gelblich erleuchtet ist. Die blaue Farbe des Schattens erscheint durch Simultankontrast gegen den gelblichen Grund. Daß dieses die richtige Deutung ist, dafür gibt Goethe eine ganze Reihe von verschiedenen Versuchen an. Erzeugt man sich die Schatten zunächst mit zwei ganz gleichen Kerzen, so sehen beide schwarz aus; färbt man aber das Licht der einen Kerze mit farbigen Gläsern, so erscheinen beide Schatten farbig, der eine in der Farbe des Glases, der zweite in der „geforderten" Kontrastfarbe. Ein besonders elementares Beispiel dafür, daß die Farbe des Schattens unabhängig ist von der Farbe des zweiten Lichts, findet sich in Goethes erster Abhandlung. Hier wird das gleichmäßig graue Licht, das von einer weißen Hauswand reflektiert wird, benützt, um einmal gegenüber dem Kerzenlicht, das andere Mal gegenüber dem Sonnen-

licht zu wirken. Trotzdem der zweite Schatten in beiden Fällen von dem gleichen Licht erhellt wird, sieht er das eine Mal gelb, das andere Mal blau aus. Besonders schön erscheinen die farbigen Schatten, wenn Kerzenlicht und Mondlicht gegeneinander wirken. Zahllos ist ihr Auftreten in der Natur. Nachstehende schöne Schilderung zeigt, wie Goethe hier zu beobachten verstand. „Auf einer Harzreise im Winter stieg ich gegen Abend vom Brocken herunter, die weiten Flächen auf- und abwärts waren beschneit, die Heide von Schnee bedeckt, alle zerstreut stehenden Bäume und vorragenden Klippen, auch alle Baum- und Felsenmassen völlig bereift, die Sonne senkte sich eben gegen die Oderteiche hinunter. — Waren den Tag über, bei dem gelblichen Ton des Schnees, schon leise violette Schatten bemerklich gewesen, so mußte man sie nun für hochblau ansprechen, als ein gesteigertes Gelb von den beleuchteten Teilen widerschien. — Als aber die Sonne sich endlich ihrem Niedergang näherte, und ihr durch die stärkeren Dünste höchst gemäßigter Strahl die ganze mich umgebende Welt mit der schönsten Purpurfarbe überzog, da verwandelte sich die Schattenfarbe in ein Grün, das nach seiner Klarheit einem Meergrün, nach seiner Schönheit einem Schmaragdgrün verglichen werden konnte. Die Erscheinung ward immer lebhafter, man glaubte sich in einer Feenwelt zu befinden, denn alles hatte sich in die

zwei lebhaften und so schön übereinstimmenden Farben gekleidet, bis endlich mit dem Sonnenuntergang die Prachterscheinung sich in eine graue Dämmerung, und nach und nach in eine mond- und sternhelle Nacht verlor." — Auch die farbigen Schatten in der Taucherglocke, welche von Newton für objektiv angesehen waren, erklärt Goethe als physiologisch bedingt. Bei Sonnenschein sehen die Taucher den Meeresgrund purpurfarbig, die Schatten im lebhaftesten Grün. Alle Schilderung der farbigen Schatten vermag aber nicht das Vergnügen zu ersetzen, welches die Nachahmung der von Goethe angegebenen Versuche gewährt. Man wird erstaunt sein über die Schönheit der auftretenden Farben.

Gelegentliche Bemerkungen, welche Goethe an anderer Stelle der Farbenlehre macht, zeigen, daß er auch über die Brechungsverhältnisse des Auges nachgedacht hat. Er erwähnt, daß eine Öffnung im Fensterladen der Dunkelkammer ihm beim Geradeaussehen mit farblosen Rändern erscheine, daß er dagegen bei starkem Neigen des Kopfes nach vorn oder hinten gelbe und blaue Ränder wahrnehme. Er bezieht das darauf, daß die Kristallinse im Auge in ihren mittleren Partien ein guter achromatischer optischer Apparat sei, daß dagegen ihre seitlichen Teile nicht genügend chromatisch korrigiert wären, so daß beim Durchtritt der Lichtstrahlen durch die

Seitenteile ebensolche farbigen Ränder entstehen wie bei schlechten Ferngläsern. Goethe bemerkt also die ungenügende chromatische Korrektion unserer Linse unter bestimmten Bedingungen, die später von Helmholtz auch für ihre mittleren Teile exakt nachgewiesen worden ist.

Daß Goethe die Erscheinung der Doppelbilder auch wohl vertraut war, und daß er über das Zustandekommen der Tiefenwahrnehmung nachgedacht hat, ergibt sich aus gelegentlichen Bemerkungen.

Nach einem kurzen Kapitel über subjektive und objektive Höfe, wie sie um Kerzenflammen, um Sonne und Mond erscheinen, folgt dann im didaktischen Teil der Farbenlehre der kurze, aber inhaltreiche Abschnitt: „Pathologische Farben". Auch gegenüber den Krankheitszuständen des Auges vertritt Goethe denselben Standpunkt, den wir schon früher anläßlich der Mißbildungen von Tier und Pflanzen kennen gelernt haben. Er sieht im Abnormen ebenfalls Lebensäußerungen, deren normale Grundlage erforscht werden kann. „Die krankhaften Phänomene deuten ebenfalls auf organische und physische Gesetze." Die interessanteste Beobachtung dieses Abschnitts bezieht sich auf die sogenannte Farbenblindheit. Im Jahre 1794 hat der englische Chemiker Dalton diesen Zustand, an dem er selber litt und der nach ihm „Daltonismus" genannt wurde, zuerst wissenschaftlich geschildert. Seine Mitteilung

erschien 1798 im Druck und in demselben Jahre hat Goethe unabhängig von Dalton ebenfalls an zwei Fällen genaue Untersuchungen angestellt. Besonders bot sich ein junger Gildemeister, der eben in Jena studierte, freundlich zu allen Hin- und Wiederversuchen, und Goethe lieferte eine so klare Beschreibung dessen, was sich an den Versuchspersonen feststellen ließ, daß wir heute die Art der Farbenblindheit noch nachträglich diagnosticieren können. Er beschränkte sich aber keineswegs wie Dalton auf einfache Schilderung der Symptome, sondern gab als der erste eine theoretische Deutung. Nach seiner Meinung beruht „das wunderbare Schwanken, daß gewisse Menschen die Farben verwechseln“, darauf, daß sie einige Farben sehen, andere nicht sehen, daß sie also für bestimmte Farben blind sind. Die von Goethe untersuchten Fälle gehören dem häufigsten Typus der Farbenblinden an, welche nach Hering als rot-grünblind bezeichnet werden. Goethe aber deutet diese Fälle als Blaublindheit. Interessanterweise rührt diese letztere Ansicht von Schiller her, und es ist lehrreich, sich den Grund klar zu machen, aus dem die beiden Dichter zu ihrem Irrtum kamen. Sie stellten fest, daß Grün nicht gesehen wurde; da aber Grün nach Goethes Meinung eine gemischte Empfindung aus Blau und Gelb ist, und da Gelb von den untersuchten Personen sehr gut unterschieden werden

konnte, wurde per exclusionem geschlossen, daß die blaue Empfindung fehlen müsse. Wenn es sich also tatsächlich auch nicht um Blau-, sondern um Rotgrünblindheit gehandelt hat, so ist wichtig genug, daß Goethe als der erste in dem Fehlen einer Gruppe von Farbenempfindungen die Ursache dieses Zustands gesehen hat. Um zu veranschaulichen, wie solchen Personen die Welt erscheint, bildete er in den Tafeln zur Farbenlehre eine Landschaft ab, auf der alles Blau fehlt, der Himmel rosa und die Bäume rot und gelb aussehen.

Erwähnt wird in dem Abschnitt über pathologische Farben noch die Lichterscheinung, welche bei galvanischer Durchströmung des Kopfes eintritt, das Funkensehen, welches bei einem Schlag aufs Auge erfolgt, die Lichtempfindung, die durch seitlichen Druck auf den Augapfel hervorgerufen wird, u. a. m. Eine sehr gute Beschreibung gibt Goethe von den sogenannten „mouches volantes", den fliegenden Mücken, welche durch das Gesichtsfeld huschen, wenn man längere Zeit mit gesenktem Kopf, z. B. am Mikroskop, gearbeitet hat, und die hauptsächlich auf kleinen Trübungen beruhen, welche im Glaskörper des Auges aufgewirbelt werden. Erwähnt wird ferner, daß in krankhaften Zuständen des Auges die Nachbilder oft abnorm lang andauern, Blendungsbilder manchmal tagelang von Patienten gesehen werden. Noch

vieles Interessante ist in diesem Abschnitt enthalten.

Frägt man nun, worin die Bedeutung dieses ersten Teiles der Farbenlehre liegt, der zweifellos als der wichtigste und wissenschaftlich bahnbrechendste des ganzen Goetheschen Werkes bezeichnet werden muß, so läßt sich zusammenfassend etwa folgendes sagen. Ein Teil der Tatsachen, die hier geschildert werden, war schon früher bekannt, so die Irradiationserscheinungen, die farbigen Nachbilder und die farbigen Schatten. Aber sie waren teilweise nicht als subjektiv angesprochen worden, teilweise hatte man sie für nebensächliche oder pathologische Phänomene gehalten. Goethe war der erste, welcher alle diese Dinge unter dem gemeinsamen Gesichtspunkte zusammenfaßte, daß sie ein Kennzeichen für die normale Tätigkeit unseres Auges sind, und er hat auf diese Weise die erste Darstellung von der Physiologie des Licht- und Farbensinns gegeben, eine Darstellung, welche den heutigen Leser noch durchaus modern anmutet. Nimmt man irgend eines der jüngsten Lehrbücher der physiologischen Optik zur Hand, z. B. die neu erschienene Darstellung Herings, und liest nachher Goethes Farbenlehre, so ist man erstaunt, in diesem Werke in den Grundzügen die heutigen Anschauungen bereits niedergelegt zu finden. Goethes wichtigste Entdeckungen sind, daß er die Kontrastfarben auf die physiologische Tätigkeit der

Netzhaut bezog; sowohl der Successivkontrast wie der Simultankontrast sind so von ihm in modernster Weise gedeutet worden; die Lehre von den farbigen Schatten hat von ihm die feste physiologische Basis erhalten; für die Erscheinung der Farbenblindheit hat er zuerst eine physiologische Theorie gegeben; auch die Anordnung des Farbensystems in einen Farbenkreis nach physiologischen Gesichtspunkten ist Goethes originelles Werk, das von ihm auf die Erscheinung der Kontrastfarben gegründet wurde. So sehen wir in diesem Abschnitt von den physiologischen Farben wichtige wissenschaftliche Entdeckungen und Anschauungen in großer Zahl niedergelegt.

Goethe läßt hierauf die Darstellung der physischen und chemischen Farben folgen. Wir wollen diesen Gang hier aber unterbrechen und gleich das letzte Kapitel des didaktischen Teils besprechen, das von der „sinnlich-sittlichen Wirkung der Farben" handelt. In diesem Abschnitt hat Goethe seine Farbenästhetik niedergelegt. Wie Sie wissen, gingen ja die optischen Untersuchungen von Fragen des malerischen Kolorits aus, und hier am Schluß kehrt Goethe zu diesem Ausgangspunkt zurück. Auch hierin bewährt er sich als durchaus originell. Er nimmt nämlich die von ihm ermittelten physiologisch-optischen Gesetze zur Grundlage für die ästhetische Betrachtung der Farbenzusammenstellungen. „Das Grundgesetz der Farbenharmonie ist physiologisch."

So sehen wir Goethe auf Wegen, die später Helmholtz in seinem Vortrag: „Optisches über Malerei" betrat. Dadurch, daß er die Lehre von der Farbenharmonie so auf physiologische Basis stellte, ist er ebenfalls ein Bahnbrecher geworden, dessen Ausführungen von vielen der zeitgenössischen Maler freudig aufgenommen worden sind.

Goethe geht aus von seinem Farbensystem, von dem Farbenkreis (s. o. S. 195, Fig. 7), dessen Konstruktion ja auf den Kontrastempfindungen des Auges beruht. Hier stehen sich Rot (Purpur) und Grün, Orange und Blau, Gelb und Violett gegenüber. Diese drei Paare von Kontrastfarben („geforderten Farben") bilden nun nach Goethe diejenigen Farbenzusammenstellungen, welche harmonisch wirken. Die harmonische Ergänzung jeder Farbe ist ihre Kontrastfarbe. Bei Betrachtung des Farbenkreises ergibt sich dann weiter, daß noch eine Reihe von andern Farbenzusammenstellungen möglich ist. Zunächst kann man zwei Farben nebeneinander stellen, welche im Farbenkreis nur durch eine zwischenliegende Farbe getrennt sind. Solche Zusammenstellung nennt Goethe charakteristisch. Es sind z. B. Blau und Gelb, Gelb und Purpur, Purpur und Blau, Orange und Violett. Dann kann man aber auch Farbenpaare bilden aus Pigmenten, welche im Farbenkreis direkt benachbart sind. Das sind charakterlose Zusammenstellungen: Gelb — Orange, Orange — Purpur, Purpur — Violett,

Violett — Blau, Blau — Grün, Grün — Gelb. Durch diese Einteilung schafft Goethe in der unendlichen Mannigfaltigkeit der möglichen Zusammenstellungen zunächst einmal durch die Aufstellung weniger charakteristischer Gruppen Ordnung. In Wirklichkeit werden alle Möglichkeiten durch die angeführten Beispiele nicht erschöpft; es gibt erstens viel mehr Farbennüancen als die sechs des Goetheschen Kreises, und diese Farben können in allen Abstufungen der Sättigung und Reinheit erscheinen; aber immer werden sie sich bei der Zusammenstellung mehr oder weniger in eine der drei Goetheschen Gruppen einfügen lassen. — Es wird dann weiter noch die Definition des Bunten gegeben. Bunt wirken alle Zusammenstellungen, in denen die Pigmente in ihrer höchsten Energie und Leuchtkraft erscheinen, die aber nicht in harmonischem Gleichgewicht sind.

Darauf analysiert Goethe die verschiedenen Komponenten, aus denen sich das Kolorit eines Gemäldes zusammensetzt. Zunächst erscheinen in einem Bilde die Unterschiede zwischen Hell und Dunkel. Alle Übergänge vom höchsten Licht durch das Halblicht zu dem tiefsten Schatten sind möglich, und diese letzteren können wieder durch zahlreiche Reflexe aufgehellt werden. Um sich den Anteil dieser „Schwarz-weiß-Komponente“ an der Bildwirkung klar zu machen, hatte Goethe, wie erwähnt, Angelika Kaufmann veranlaßt, ein Ölbild grau in

grau auszuführen und dann erst nachträglich mit Lasurfarben zu überziehen. Auf dieses „Helldunkel" superponieren sich nun die Farbenwirkungen. Zunächst hat jeder Gegenstand im Gemälde seine ihm eigentümliche Körperfarbe, die Lokalfarbe: der Baum sein Grün, der Stamm sein Braun, das Dach sein Rot. Auf einem guten Ölbilde werden aber diese ursprünglichen Körperfarben durch die mannigfaltigsten Umstände modifiziert. Vor allem kommt die lokale Beleuchtung hinzu. Wird diese durch das Sonnen- oder Tageslicht gegeben und trifft sie Gegenstände des Vordergrundes, so werden die Körperfarben dadurch ins Gelbliche oder Rötliche hinübergezogen. Demgegenüber unterliegen die entfernten Gegenstände des Hintergrundes der Einwirkung der Luftperspektive. Sie erscheinen dadurch, aus Gründen, welche im Abschnitt über die physischen Farben auseinandergesetzt werden, bläulicher, als der Körperfarbe entspricht. Zu diesen Abwandlungen der Körperfarben gesellen sich dann weiter solche, die durch physiologische Vorgänge bedingt sind. Der aufmerksame Naturbeobachter sieht in einer Landschaft, besonders in den Schatten, vielfach die „geforderten" Farben. Vor einer grünen Wiese erscheinen die braunen Baumstämme im rötlichen Ton, die Schatten einer Schneelandschaft sind blau, usw. Auch dieses hat der Maler wiederzugeben, wenn er auch, wie Goethe bemerkt, von Unkundigen

sich den Vorwurf der Unnatürlichkeit zuzieht. Man glaubt hier einen Beurteiler der modernsten Malerei reden zu hören. Aber auch die Farben des Bildes selbst, so wie sie der Maler nebeneinandersetzt, beeinflussen sich gegenseitig. Schon die Farbe des Rahmens vermag die Stimmung eines Gemäldes vollkommen zu ändern. So gehen in das farbige Kolorit die verschiedenartigsten Elemente ein. Die Körperfarbe wird durch Beleuchtung und Luftperspektive und durch Simultankontrast sehr wesentlich geändert. Alle diese oft widerstreitenden Elemente, alle diese verschiedenen Färbungen muß nun der Maler zu einer einheitlichen Gesamtwirkung zusammenfassen. Hier lassen sich allgemeine Regeln nur schwer aufstellen. Die Farbenzusammenstellung muß vielmehr nach rein künstlerischen Gesichtspunkten geschehen. Trotzdem greift Goethe einige charakteristische Arten des Kolorits heraus. Mächtig wirken nach seiner Ansicht Bilder, auf denen die aktiven Farben gelb, orange, purpur überwiegen, dagegen wenig violett und blau und fast gar kein grün enthalten ist. Sanft wirken Gemälde, in denen die passiven Farben blau, violett und purpur vorherrschen, dagegen wenig grün und kein gelb vorhanden ist. Einen glänzenden Eindruck machen dagegen solche Kunstwerke, welche die Gesamtheit des Farbenkreises in sich enthalten. Die höchste Aufgabe des Künstlers liegt darin, auf seinen Bil-

dern die Gesamtheit der Farben in harmonischer Weise zueinander in Einklang zu bringen, d. h. in einer Weise, wie sie durch die physiologischen Eigenschaften des Auges gefordert wird.

Verwerflich aber ist es, die Farben dadurch zusammen zu stimmen, daß das ganze Bild mit einem gleichmäßigen Ton überzogen wird. Besonders energisch spricht sich Goethe über die Mode der Maler aus, ihre Bilder mit dem gelbbraunen Ton zu überziehen, wie ihn die nachgedunkelten Werke der alten Meister zeigen; gerade wie viele moderne Maler macht auch Goethe energisch gegen die „braune Sauce“ Front. Eine derartige Malweise stört ihm die Totalität.

Das ist in Kürze der Inhalt von Goethes Farbenästhetik. Ihr Wert liegt darin, daß sie auf die physiologischen Eigenschaften unseres Auges gegründet wird. So hat sich Goethe durch wissenschaftliche Studien einen Einblick in das Zustandekommen malerischer Wirkungen errungen. Der Unbefangene sieht, daß sein künstlerischer Geschmack und sein Urteil in vielen Fällen sich mit den Bestrebungen der modernen Malerei decken. Goethe stand auch über diese Dinge in brieflichem Gedankenaustausch mit einem Maler, dem die neuere Kunstgeschichte einen der ersten Vorkämpferposten für die Begründung der neueren Malerei angewiesen hat, mit Philipp Otto Runge. Dieser Künstler, dessen

Bilder heute durch die Schwere des Kolorits einen so merkwürdigen Eindruck machen, war ein großer Farbentheoretiker. Auch er hatte ein Farbensystem ausgebaut, das er auf eine Kugel auftrug, und Regeln über harmonische und unharmonische Farbenzusammenstellungen entwickelt. Ein Brief Runges findet sich am Schluß der Farbenlehre abgedruckt, und umgekehrt nimmt der Maler in seinem 1810 erschienenen Werk „Farbenkugel oder Konstruktion des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zueinander, und ihrer vollständigen Affinität, mit angehängtem Versuch einer Ableitung der Harmonie in den Zusammenstellungen der Farben“ auf Goethes Anschauungen dauernd Bezug.

So sehen wir die Fäden von Goethes optischen Studien sich hinüberschlingen zu den Anfängen der neuen farbenfreudigen Malerei des 19. Jahrhunderts.

Achte Vorlesung.

Die Farbenlehre II. — Physikalische Optik.

Meine Herren! Wenn wir jetzt an die Besprechung des Abschnittes von den physiologischen Farben, der Goethes grundlegende Leistungen auf optischem Gebiete birgt, die des Kapitels über die physischen Farben anschließen, in dem seine optischen Irrtümer enthalten sind, so wollen wir ein Selbstbekenntnis von ihm an die Spitze stellen. „Meine Absicht bei meinen optischen Bemühungen ist: alle Erfahrungen in diesem Fache zu sammeln, alle Versuche selbst anzustellen und sie durch ihre größte Mannigfaltigkeit durchzuführen, wodurch sie denn auch leichter nachzumachen und nicht aus dem Gesichtskreis so vieler Menschen hinausgerückt sind. Sodann die Sätze, in welchen sich die Erfahrungen von der höheren Gattung aussprechen lassen, aufzustellen und abzuwarten, inwiefern sich auch diese unter ein höheres Prinzip rangieren.“ Den ersten Teil dieser selbstgestellten Aufgabe hat Goethe, darin sind alle Beurteiler einig, auf das Glänzendste gelöst. Seine Schilderung der Experimente ist mustergültig. Es ist kein Zweifel, daß

die Versuchsergebnisse, soweit er sie tatsächlich schildert, vollkommen richtig sind. Ein so genauer Kenner der Farbenerscheinungen wie Johannes Müller sagt in seinem grundlegenden Werke „zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes“: „Insbesonders scheue ich mich nicht zu bekennen, daß ich der Goethe'schen Farbenlehre überall dort vertraue, wo sie einfach die Phänomene darlegt und in keine Erklärungen sich einläßt, wo es auf die Beurteilung der Hauptkontroverse ankommt.“ In demselben Sinne hat sich mehrfach Helmholtz ausgesprochen. Die von Goethe geschilderten Tatsachen und Experimente bestehen also zu Recht. Im Goethehaus sind noch heute die optischen Instrumente, mit denen die Versuche angestellt wurden, vollständig erhalten. Goethe hat unter Aufwendung großer Kosten „nach und nach einen Apparat zusammengebracht, wie er wohl noch nicht beisammen gewesen ist“. Auf Fig. 9 ist einiges davon abgebildet. Bei einem Aufenthalt in Weimar konnte ich durch die Liebenswürdigkeit von Herrn Geh. Hofrat Ruland dieses Instrumentarium ans Licht ziehen und eine große Reihe von Goethes Experimenten mit seinen eigenen Apparaten wiederholen. Es waren eigentümlich weihevolle Stunden, in denen das Handwerkszeug des großen Meisters aus der Tiefe der Schränke hervorgeholt wurde und nun alle die vielfältigen Farbenerscheinungen wieder ent-

stehen ließ, die in der Farbenlehre geschildert sind. Goethe hat durchweg mit den einfachsten Mitteln gearbeitet, aber diese waren so ausgewählt, daß die Farben in wundervoller Klarheit und Schönheit unter den geschilderten Versuchsbedingungen sich hervorrufen ließen. So sind auch heute noch dieselben Phänomene, die Goethe gesehen hat, mit denselben Mitteln und an demselben Orte wieder in voller Deutlichkeit zu reproduzieren.

Anders steht es mit dem zweiten Teil der Aufgabe, die sich Goethe stellte. Die theoretische Verwertung seiner Experimente führte ihn zu einer Ansicht über die Entstehung der Farben, mit welcher er schon bei seinen Zeitgenossen mit wenig Ausnahmen keine Anerkennung fand und die heute völlig verlassen ist. Sie führte ihn weiter zu einer Polemik gegen Newtons Farbentheorie, deren Gedankengang wir weiter unten zu würdigen haben. Will man aber in diesem Punkte völlig gerecht urteilen, so darf man nicht vergessen, daß zu Goethes Zeiten die physikalische Theorie des Lichtes und der Farben keineswegs so geklärt war wie heute. Damals kämpften die alte Newtonsche Emissionstheorie, welche annahm, daß das Licht aus kleinsten körperlichen Teilen bestehe, die von der Lichtquelle geradlinig fortgeschleudert werden, und die Huyghens'sche Undulationstheorie miteinander, welche im Licht die Wellenbewegung eines hypothetischen

Lichtäthers sieht. Gerade in jenen Zeiten wurden nun eine Reihe optischer Phänomene entdeckt, welche sich den herrschenden Theorien nicht ohne weiteres einfügen wollen (die Achromasie, die Erscheinungen des polarisierten Lichtes u. a.). Zu ihrer Erklärung mußten die Vertreter beider Theorien ihre Ansichten wechseln. Es herrschte ein lebhaftes Hin und Wider der Meinungen, und Goethe gewann daraus die Überzeugung von der Wertlosigkeit jeder Theorie überhaupt. So bildete er sich seine selbstständige Ansicht, der man jedenfalls zubilligen muß, daß sie erstens anschaulich und zweitens in sich konsequent war.

Die physischen Farben sind nach Goethe solche, zu deren Hervorbringung das farblose Licht mit materiellen, selbst ungefärbten Medien in Beziehung treten muß. Wenn also Licht durch ein farbloses Glasprisma hindurchfällt und danach die Farbenerscheinung des Spektrums gibt, so ist das physische Farbe im Goetheschen Sinne. Diese schließen sich nun „unmittelbar an die physiologischen an und scheinen nur um einen geringen Grad mehr Realität zu haben“. In diesem Satz ist, wie Sie sich erinnern, Goethes Grundirrtum enthalten; er war sich nicht klar darüber, daß zwischen der Sinnesempfindung und dem diese Empfindung auslösenden Reiz eine unüberbrückbare Kluft besteht, daß es sich um zwei völlig unvergleichbare Dinge handelt.

Die physischen Farben sind entweder objektiv oder subjektiv darstellbar; wenn Licht durch ein Prisma fällt und auf der gegenüberliegenden Wand ein farbiges Spektrum erscheint, so sind die Farben objektiv dargestellt; sieht dagegen der Experimentator durch das Prisma hindurch nach einer Öffnung im Fensterladen, so erscheint diese von farbigen Rändern umsäumt; das ist die subjektive Darstellungsweise. Diese subjektiven Versuche hat Goethe unter anderem deshalb in den Vordergrund gestellt, weil sie es nach seiner Meinung sind, die sich unmittelbar an die physiologischen anschließen; der Unterschied ist nur, daß das zu Studierende in diesem Falle nicht die Eigenschaften des Auges, sondern die Eigenschaften des äußeren Mediums, des Prismas, sind.

Das erste Kapitel dieses Abschnittes handelt von den dioptrischen Farben, welche entstehen, wenn Licht durch durchsichtige Körper hindurchtritt. Als Ausgang benutzt Goethe die Farbenerscheinungen, welche durch trübe Mittel hervorgerufen werden. Die Lehre von den trüben Mitteln ist für Goethe die Grundlage seiner ganzen physikalischen Farbenlehre.

Gießt man in ein Glas Wasser etwas Seifenspiritus oder trübt man es mit einem anderen an sich farblosen Zusatz, so erscheint die Flüssigkeit im durchfallenden Licht gelb; betrachtet man dagegen das getrübte Wasser vor einem dunkeln

Hintergrund, also im auffallenden Licht, so sieht es blau aus. Bei zunehmender Trübung des Wassers erscheint es im durchfallenden Licht gelbrot und schließlich rot, im auffallenden Lichte immer weißlicher. Wenn die Trübung dagegen nur sehr zart ist, so entsteht bei auffallendem Licht ein schönes Violett. Dieses Phänomen ist nach Goethe so unmittelbar anschaulich, daß es jedem Menschen ohne weitere Erklärung demonstriert werden kann. Es ist eine absolut einfache Erscheinung, und Goethe sieht in ihr das „Urphänomen“ der Farbenlehre. „Da wir alle Farben nur durch Mittel und an Mitteln sehen, so ist die Lehre vom Trüben, als dem allerzartesten und reinsten Materiellen, derjenige Begriff, woraus die ganze Chromatik sich entwickelt.“ Goethe stellt die Farben der trüben Medien deshalb in den Vordergrund, weil sie so außerordentlich einfach erscheinen. „Man soll keine abgeleiteten Phänomene an die erste Stelle setzen.“ Er macht gerade Newton zum Vorwurf, daß die Experimente, aus denen er seine Farbenlehre entwickelt, schon so abgeleitet und kompliziert sind, daß man ihre Bedingungen nicht ohne weiteres überschauen kann. Das ist bei den Farben der trüben Mittel dagegen ohne Schwierigkeit möglich. Diese waren, wie gesagt, für Goethe das „Urphänomen“, d. h. eine Erscheinung, die an sich schon so anschaulich ist, daß sie keiner weiteren Erklärung

bedarf. Goethe hat niemals versucht, die Frage zu beantworten, warum denn die trüben Medien im durchfallenden Licht gelb und im auffallenden blau erscheinen. Er gibt überhaupt keine Theorie des Lichtes, aus der er diese Farbenerscheinung ableiten könnte, sondern das „Urphänomen“ wird als gegeben vorausgesetzt, und Goethes physikalische Farbenlehre besteht darin, daß er alle Phänomene aus diesem einen zu entwickeln versucht, daß er alle Farbenerscheinungen auf trübe Medien zurückführt. An einer Stelle seiner Notizen findet sich die Bemerkung „Von dem Werte des Was. Die Fragen Wie? Warum? Wozu? abgelehnt.“ So leitet Goethe seine physikalische Optik ohne jede Theorie aus einem einfachen, ohne weiteres anschaulichen Phänomen ab.

An zahlreichen Beispielen wird nun die Lehre von den trüben Mitteln illustriert. Besonders ergiebig sind hier die atmosphärischen Farbenerscheinungen. Wenn die Sonne durch Dunst hindurchscheint, wird sie gelblich bis gelbrot, wenn sie am dunstigen Horizont untergeht, steigert sich diese Farbe zum leuchtendsten Purpur. Morgen- und Abendrot werden auf denselben Vorgang zurückgeführt. Die blaue Farbe des Himmels bezieht Goethe ebenfalls in diese Erscheinungen mit ein; die Luft wirkt als ein trübes Mittel vor dem dunkeln Hintergrund des Weltenraumes. Er ist sehr erfreut,

als er findet, daß diese noch heute gültige Erklärung schon von Lionardo da Vinci gegeben worden ist, während zu Goethes Zeiten vielfach andere kompliziertere Meinungen aufgestellt waren. Auch die Luftperspektive, die blaue Farbe entfernter Berge, gehört hierher. Diese letzteren wirken als dunkler Hintergrund, vor dem die Luft als trübes Mittel blau erscheint.

„Wenn der Blick an heitern Tagen
Sich zur Himmelsbläue lenkt,
Beim Siroc der Sonnenwagen
Purpurrot sich niedersenkt,
Da gebt der Natur die Ehre
Froh, an Aug' und Herz gesund
Und erkennt der Farbenlehre
Allgemeinen, ew'gen Grund."

Sehr schön lassen sich die Farbenerscheinungen trüber Mittel an dem sogenannten Opalglas beobachten. Goethe hat sich für dessen Fabrikation aufs lebhafteste interessiert, selbst alte Vorschriften aus mittelalterlichen Büchern (Kunckels Glasmacherkunst) hervorgesucht und durch verschiedene Glashütten derartige Gläser anfertigen lassen. Noch heute finden sich im Goethehaus zahlreiche Scherben von Opalglas, die in der Durchsicht gelb bis gelbrot, in der Aufsicht blauweiß, blau oder violett aussehen. Ein humoristisches Beispiel erzählt Goethe von einem Maler, dem das Ölbild eines schwarzgekleideten Mannes zum Reinigen übergeben war.

Er wusch es zunächst mit einem nassen Schwamm ab und sah zu seinem Erstaunen, daß das schwarze Gewand darauf im schönsten Hellblau erstrahlte. Goethe, dem dies mitgeteilt wurde, gab die richtige Deutung; die oberflächliche Firnisschicht hatte sich bei der Behandlung mit Wasser getrübt und erschien nun auf dem schwarzen Hintergrunde der Ölfarbe hellblau. Am folgenden Morgen, als das Wasser verdunstet war, war auch die blaue Farbe verschwunden. Aufgüsse von nephritischem Holz (Sandelholz), von Quassia und von der Rinde der Roßkastanie zeigen ebenfalls in der Durchsicht eine gelbe, in der Aufsicht eine blaue Färbung. Goethe bezog auch dieses auf das Phänomen der trüben Medien; es wurde aber später von Herschel, Brewster und Stokes nachgewiesen, daß es sich hier um die zu Goethes Zeit noch unbekannten Fluoreszenzerscheinungen handelt.

An die Lehre von den trüben Mitteln reiht Goethe als wichtigsten Abschnitt des Kapitels von den physischen Farben die Lehre von der Refraktion, von den Farbenerscheinungen bei der Lichtbrechung. Wir wollen hier nicht dem ganzen weitverzweigten Darstellungsgang Goethes folgen, sondern gleich zum wichtigsten Abschnitt, den prismatischen Farben, übergehen. Da ist nun einer der Hauptpunkte, der immer wieder betont wird, der, daß es unstatthaft sei, bei der Schilderung solcher

prismatischer Versuche von Lichtstrahlen und deren Brechung zu reden. Das seien nur Abstraktionen des Mathematikers. Was man tatsächlich beobachtet, wenn Licht durch eine enge Öffnung des Fensterladens in die dunkle Kammer fällt, ist ein Bild der Sonne bzw. andrer außen befindlicher Gegenstände, das nach ähnlichen Gesetzen entsteht wie das Bild auf der Mattscheibe einer photographischen Kamera. Dieses Bild der Sonne ist, wie Goethe richtig bemerkt, begrenzt, und die Grundbedingung für die Farbenerscheinung bei der Refraktion sieht Goethe darin, daß solche Bilder bei der Brechung verrückt werden und daß nur deshalb an ihren Grenzen die Farbenerscheinungen auftreten können. Von diesem Gedanken ausgehend, hat Goethe auch die subjektiven prismatischen Versuche an die Spitze gestellt. Er hatte sich eine Reihe von schwarzen, weißen und farbigen Bildern auf geeigneten Tafeln aufgeklebt und betrachtete diese durch das Prisma. Dann erschienen sie an einem andern Orte, und gleichzeitig mit dieser Verrückung traten farbige Säume an ihren Rändern auf. Für die Darstellung der objektiven Versuche, bei denen ein Lichtstrahl in der dunklen Kammer auf ein Prisma fiel, hat Goethe es nun stets vermieden, enge Öffnungen im Fensterladen zu benutzen. Er glaubte, daß hierdurch das Licht in seiner Unmittelbarkeit gestört würde, wenn es durch enge Löcher

sich hindurchzwängen müßte. Auf der Anwendung breiter Lichtbündel beruht ein großer Teil von Goethes Versuchsresultaten. Es wird dann ferner die prismatische Farbenerscheinung auf die Lehre von den trüben Mitteln zurückgeführt. Das gelingt auf folgende Weise. Goethe nimmt an, daß, wenn auf der weißen Wand durch das Prisma das Bild der Sonne oder der Öffnung im Fensterladen entworfen wird, dieses Bild eigentlich aus zweien bestände: aus einem Hauptbild und einem Nebenbild, geradeso wie ein schlechter Spiegel die Gegenstände zweifach zurückwirft, ein Bild von der Hinterfläche und eines von der Vorderfläche des Glases, von welchen das eine schattenhaft über dem andern zu schweben scheint. Es sollte auch bei der prismatischen Brechung ein Haupt- und ein Nebenbild entstehen und das Nebenbild vor dem Hauptbilde schweben. Wir haben gesehen, daß Goethe bei der prismatischen Brechung ein Bild verrückt werden läßt. Dabei soll das Nebenbild immer weiter verrückt werden als das Hauptbild, es soll dem Hauptbild gleichsam immer voraneilen. Die ganzen Farbenerscheinungen lassen sich nun dadurch ableiten, daß Goethe das Nebenbild als ein trübes Mittel betrachtet, durch welches hindurch man das Hauptbild sieht. Umstehende Zeichnung (Fig. 10), in welcher das Hauptbild durch die ungebrochene, das Nebenbild durch die punktierte Linie angedeutet

wird, möge das Folgende verdeutlichen. Oben sehen wir die scharfe Begrenzung des Hauptbildes, das wir uns weiß auf dunklem Grunde denken wollen. Davor schwebt der dunkle Teil des Nebenbildes. Dieser wirkt wie ein trübes Mittel, das vor hellem Hintergrunde gelb erscheint. Nach dem Rande zu wird die Trübung stärker angenommen, und deshalb geht der gelbe Rand allmählich in Rot über. Unten sehen wir dagegen das Nebenbild über den dunklen Teil des Hauptbildes herübergreifen. Das trübe Nebenbild vor dem dunklen Grunde erscheint daher blau, und nach dem Rande zu, wo das Nebenbild sich verflüchtigt und die Trübung feiner wird, entsteht Violett. So ist es Goethe gelungen, auf Grund seiner Hilfsannahme vom Haupt- und vom Nebenbild zunächst einmal das Auftreten von Gelb und Blau bei der prismatischen Brechung zu erklären und daraus durch „Steigerung“ Rot und Violett abzuleiten. Je weiter sich nun das Prisma von der Wand entfernt, oder je stärker der brechende Winkel des Prismas wird, um so mehr läßt Goethe das Nebenbild dem Hauptbild bei der Brechung voraneilen. Dadurch müssen sich die farbigen Ränder verbreitern, und schließlich wird es so weit kommen, daß sich



Fig. 10.

Gelb und Blau in der Mitte treffen. Es entsteht dann durch Vermischung dieser beiden Farben das Grün. Goethe läßt also die grüne Farbe auch hier keine einfache sein, sondern erklärt sie durch Mischung. Wir haben schon gehört, daß das falsch ist, daß durch Mischung von spektralem Blau und Gelb nur Grau oder Weiß entsteht, und daß die Mischung Grün, welche die Maler aus blauen und gelben Pigmenten erhalten, nur darauf beruht, daß diese Farbstoffe nicht im physikalischen Sinne reine Farben bilden. Goethe läßt also das Grün nicht nur eine gemischte Empfindung sein, sondern auch das objektive spektrale Grün durch Mischung entstehen, während wir heute wissen, daß das Grün des Spektrums eine unzerlegbare einfache Farbe ist. Zu diesem Irrtum konnte Goethe aber deshalb kommen, weil die Mischungsverhältnisse des Grün damals noch nicht physikalisch erklärt waren. Erst später hat, wie schon oben erwähnt wurde, Helmholtz diese verwickelten Beziehungen vollkommen aufgedeckt. — Anders verlaufen die prismatischen Erscheinungen, wenn ein schwarzes Bild auf weißem Grunde verrückt wird. Dann entstehen ebenfalls gelbe und blaue Ränder, die gegen das Schwarz hin in Rot bzw. Violett übergehen. Nimmt die Brechung zu, so treffen sich Rot und Violett in der Mitte des schwarzen Streifens und bilden durch Vermischung den Purpur. Diese Feststellung Goethes

trifft das Richtige. Purpur ist tatsächlich eine Farbe, die als einfache im Spektrum nicht vorkommt, sondern erst durch Mischung von Rot und Violett entsteht. So ist Irrtum und Wahrheit in Goethes System zu einem in sich abgeschlossenen und in sich konsequenten Ganzen verflochten. Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß nach Goethes Auffassung die Farben nur dann auftreten, wenn das prismatische Bild entweder ins Auge oder auf eine weiße Wand fällt. Sonst sind die Bedingungen zu ihrer Entstehung nicht gegeben. Er weist daher mit größter Entschiedenheit immer wieder darauf hin, daß nach seiner Darstellung die prismatischen Farbenerscheinungen keineswegs fertige sind, sondern immer nur als werdende beobachtet werden können; es sei deshalb vollständig falsch, wenn Newton behauptet, daß die Farben im weißen Licht enthalten seien, im weißen Licht drin steckten, vielmehr sei das weiße Licht etwas durchaus Einheitliches; die Farben entstehen immer nur an den Rändern von Bildern, welche durch Refraktion verrückt werden.

In dem ersten Hauptteil von Goethes optischem Werk, dem didaktischen Teil, werden die Phänomene und Experimente nur einfach der Reihe nach geschildert und in der Weise angeordnet, daß sich die theoretische Ansicht dadurch gewissermaßen von selbst ergibt. Die Auseinandersetzung mit der Newtonschen Farbenlehre ist davon vollständig los-

gelöst. Sie findet sich in dem zweiten, polemischen Teil. Hier nimmt Goethe das optische Hauptwerk Newtons Abschnitt für Abschnitt und Satz für Satz durch und weist bis ins einzelnste jeden Punkt nach, in dem Newton seiner Meinung nach etwas Falsches behauptet hat. Er geht hier streng ins Gericht, wird stellenweise sogar sehr grob, wirft seinem Gegner Advokatenkniffe, captiöse Methode und bewußten Schwindel vor. Nur in dem Schlußabschnitt entschuldigt er dieses Verfahren mit der polemischen Natur der Schrift und verspricht im historischen Teil Newtons Persönlichkeit besser gerecht zu werden. Die Haupteinwände, welche Goethe gegen Newton richtet, sind in Kürze folgende: Zunächst der schon erwähnte, daß bei den Versuchen in der dunklen Kammer Newton immer von Strahlen redet, während doch tatsächlich Bilder entworfen und durch Brechung verändert würden. Weiter tadelt Goethe, daß Newton an die Spitze seiner Farbenlehre einen verwickelten und abgeleiteten Versuch gesetzt habe, dessen Bedingungen absichtlich kompliziert worden seien, daß also die ganze Darstellung von einem beschränkten Einzelfalle ausgehe, nicht von einem allgemein gültigen Naturphänomen. Von diesem Standpunkt aus wird nun die ganze Reihe der Newtonschen Versuche durchkritisiert, und Goethe geht so weit, daß er selbst die kurz vorher entdeckten Fraunhoferschen

Linien des Sonnenspektrums nicht anerkennen will, da sie nur auftreten, wenn man das Licht durch einen engen Spalt fallen läßt.

„Freunde, flieht die dunkle Kammer,
„Wo man Euch das Licht verzwickt
„Und im kümmerlichsten Jammer
„Sich verschrobnen Bildern bückt.
„Abergläubische Verehrer
„Gab's die Jahre her genug
„In den Köpfen Eurer Lehrer
„Laßt Gespenst und Wahn und Trug."

Sehr wichtig ist der folgende Punkt, weil er sich auf experimentelle Beobachtungen stützt. Newton hatte angegeben, daß, wenn man aus dem Sonnenspektrum eine einzelne Farbe isoliert und diese durch ein zweites Prisma einer zweiten Brechung unterwirft, dann die Farbe unverändert bleibe und daß keine neuen farbigen Säume erscheinen. Goethe bestreitet das aufs entschiedenste. Er findet die Angabe allerdings beim Rot zutreffend, nicht aber beim Blau und beim Violett. Dieses abweichende Ergebnis ist zur Charakteristik der beiden streitenden Parteien sehr wichtig. Newton hat seine richtige Behauptung aufgestellt, weil er bei seinen Versuchen das Wesentliche sah und die unwesentlichen schwachen Farbenränder vernachlässigte. Goethe dagegen hat durchaus richtig beobachtet. Bei der Newtonschen Versuchsanordnung gelingt es tatsächlich nicht, ganz reines spektrales Licht zu bekommen;

es treten bei der zweiten Brechung immer, wenn auch schwache Farbensäume auf. Das, was Newton behauptet hatte und was Goethe nicht experimentell bestätigen konnte, ist erst Helmholtz gelungen, welcher durch mehrfache Brechung und die Verwendung enger Spalten wirklich einfaches Licht aus dem Spektrum isolierte. Newton hat also den richtigen Schluß aus seinen unvollkommenen Versuchen gezogen, Goethes gegenteilige Behauptung beruht aber auf genauer und feiner Beobachtung. — Ein weiterer Punkt, bei dem es sich um abweichende tatsächliche Befunde handelt, bezieht sich auf die verschiedene Brechbarkeit verschiedenfarbigen Lichtes. Newton hatte gefunden, daß das violette Licht stärker gebrochen wird als das rote, und zu diesem Zwecke verschiedene Versuche angegeben. Goethe hat diese nachgeprüft (die optische Bank, die er dazu benutzte, ist im Goethehaus vorhanden, s. Fig. 9, Nr. 2) und konnte Newtons Angabe nicht bestätigen. Dieses merkwürdige Ergebnis beruht wahrscheinlich darauf, daß Goethe mit farbigen Papieren gearbeitet hat, welche keine im physikalischen Sinne reine Farben besaßen. Zur Beurteilung dieses Befundes ist aber zu bemerken, daß ein so geschickter physikalischer Experimentator wie Goethes Freund und Mitarbeiter Seebeck ebenfalls nicht imstande gewesen ist, Newtons Angabe zu bestätigen. Seebeck arbeitete

mit farbigen Gläsern, welche vermutlich ebenfalls keine reinen Lichter gaben. Ein weiteres Argument Goethes gegen Newton bezieht sich auf die Achromasie und die Möglichkeit, die dioptrischen Ferngläser zu verbessern. Newton hatte die Farbenzerstreuung bei der Brechung durch Linsen untersucht und daraufhin behauptet, die Fernrohre wären nicht zu verbessern, weil bei jeder Lichtbrechung eine Farbenzerstreuung eintrete. Es ist Ihnen bekannt, daß man durch schlechte Fernrohre oder Operngläser alle Gegenstände mit farbigen Rändern umsäumt sieht. Nun hatte aber in der Mitte des 18. Jahrhunderts Dollond die achromatischen Linsenkombinationen aus Crown- und Flintglas entdeckt, bei denen durch Vereinigung zweier Gläser mit verschiedenem Farbenzerstreuungsvermögen das Zustandekommen dieser farbigen Ränder verhindert war[1]). Dadurch war bewiesen, daß nicht, wie Newton angenommen hatte, die Farbenzerstreuung von der Refraktion direkt abhängig sei, sondern daß, je nach den chemischen Eigenschaften der Gläser, verschiedene Farbenzerstreuung bei gleicher Refraktion auftreten könne. Die damals kämpfenden optischen Theorien mußten sich diesen neuen Vorstellungen anpassen. Goethe aber zog daraus, daß diese Theorien auf Grund einer neuen Tatsache ad hoc

[1]) Den von Goethe benutzten achromatischen Prismensatz sieht man auf Fig. 9 Nr. 1.

modifiziert wurden, den Schluß, daß sie überhaupt falsch wären. Seiner Meinung nach widerlegten die achromatischen Fernrohre die Newtonsche Theorie vollständig. — Einer der wichtigsten Punkte, in denen Goethe von Newton abwich, war nun schließlich folgender: Newton hatte die Farben aus dem weißen Lichte gesondert; es ergab sich also für ihn die Aufgabe, das weiße Licht aus den Farben wieder zusammenzusetzen, und tatsächlich gibt Newton an, daß durch Mischung der spektralen Lichter Weiß entstände. Dieser Angabe widerspricht Goethe entschieden. Seiner Meinung nach haben alle Farben etwas Schattiges, *σκιερὸν*, und wenn man mehrere Farben miteinander mischt, nimmt dieses Schattige zu; das Resultat kann also niemals Weiß, sondern nur Grau sein, und „hundert graue Pferde machen nicht einen einzigen Schimmel". Tatsächlich kann man aus reinen spektralen Farben von genügender Intensität Weiß mischen, wie schon Schopenhauer gegen Goethe geltend machte. Aber trotzdem liegt dem Goetheschen Einwand eine richtige Beobachtung zugrunde. Wenn man mehrere Farben so mischt, daß das Gemisch farblos wird, so ist die Helligkeit tatsächlich geringer als die Helligkeit der ursprünglichen Komponenten zusammengenommen. Hering hat diesen Versuch mit zum Ausgangspunkt seiner Theorie der Gegenfarben gemacht. Wenn man also farbige Pulver oder die Farben pigmentierten Papiers

durch geeignete Mittel (Farbenkreisel usw.) mischt, so tritt tatsächlich Grau auf, und nur bei Benutzung sehr lichtstarker prismatischer Farben wird Weiß erhalten.

So sehen wir, daß alle Einwände Goethes gegen die Newtonsche Lehre auf unmittelbarer richtiger Beobachtung beruhen und daß sie konsequent zum System von Goethes Farbenlehre passen. Er hat seine Polemik gegen Newton noch in der Geschichte der Farbenlehre fortgesetzt. Hier entwickelt er, wie diese seiner Meinung nach falsche Theorie entstehen konnte. Heute hat Newtons Ansicht in allen wesentlichen Punkten den unzweifelhaften Sieg errungen. Goethes Farbenlehre ist in diesem Streite völlig unterlegen; es ist aber interessant, zu verfolgen, wie ihr Urheber auf Grund möglichst anschaulicher Versuche und Phänomene unter Ausschaltung jeder Theorie über das Wesen des Lichtes imstande war, aus dem einfachen Urphänomen der trüben Mittel die Gesamtheit der physikalischen Farbenerscheinungen sich klar zu machen.

An die dioptrischen Farben schließt Goethe die katoptrischen an, welche durch Spiegelung an einer farblosen Fläche entstehen. Denen folgen die paroptischen, welche auftreten, wenn das Licht an einem Rande erscheint (Beugungserscheinungen), und weiter folgen die epoptischen Farben. Diese entstehen nach Goethe an glatten Flächen; die

Hauchbilder, die Farben der Seifenblasen, die Newtonschen Ringe gehören hierher. Goethe hat wenigstens andeutungsweise versucht, auch diese Farben aus der Lehre von den trüben Mitteln herzuleiten. Damit schließt die Abteilung von den physischen Farben. Goethe hat aber später noch ein weiteres Kapitel bearbeitet, das an dieser Stelle eingefügt werden sollte, die Lehre von den „entoptischen Farben". Im Jahre 1809 hatte Malus endeckt, daß das Licht durch Spiegelung veränderte Eigenschaften bekommt, was wir heute als die Erscheinung des polarisierten Lichtes bezeichnen. Seebeck hatte dann 1812 das Verhalten von Glas in derartigem Lichte untersucht und 1813 das Auftreten von sehr merkwürdigen Figuren, schwarzen Kreuzen auf weißem Grunde und weißen Kreuzen auf schwarzem Grunde, bei verschiedenen Gläsern gefunden. Diese Figuren bezeichnete man damals als „entoptische". Er untersuchte nun die Bedingungen dieser Erscheinung und fand, daß nur schnell gekühltes Glas sie zeigt. Er erhielt 1816 die Hälfte eines Preises vom Institut de France, die andere erhielt der Physiker Brewster. Goethe hatte von Anfang an lebhaftestes Interesse für diese Seebeckschen Untersuchungen und er übernahm es, das Auftreten der Farbenerscheinungen hierbei durchzuexperimentieren. Im Jahre 1813 schrieb er schon einen Brief über die Doppelbilder des Kalkspats, 1817 die Ele-

mente der entoptischen Farben und 1820 den zusammenhängenden Aufsatz „Entoptische Farben“, der in den didaktischen Teil der Farbenlehre eingeschoben werden sollte. Dieser Aufsatz enthält nun eine geradezu musterhafte Schilderung der Phänomene, die Goethe von den allereinfachsten schrittweise bis zu den kompliziertesten entwickelt. Er experimentiert auch hier wieder mit den einfachsten Mitteln, wenigen Spiegeln und Glaswürfeln, und man kann sich eigentlich kein schöneres Experimentierbuch für Knaben denken als diese klare Schilderung der entoptischen Versuche. Im Goethehaus finden sich noch zahllose Proben rasch gekühlten Glases, Glaswürfel, Glasplatten, Kalkspatkristalle, Glimmerscheiben, Bernsteinknöpfe und alle die einzelnen Stücke, die in Goethes Aufsatz erwähnt werden. Der Polarisationsapparat, mit dem Goethe zumeist arbeitete, war der denkbar einfachste (Fig. 9, Nr. 3): zwei schwarz hinterlegte Glasspiegel an einem einfachen Holzgestell so befestigt, daß zwischen ihnen Glasplatten, Würfel (Nr. 4) usw. angebracht werden konnten. Einen sehr vollkommenen Apparat des Mechanikers Niggl in München (Fig. 9, Nr. 5), den ihm Professor Schweigger 1818 zu seinem Geburtstage geschickt hatte, benutzte er nur ungern, weil ihm die Bedingungen hier schwieriger übersehbar zu sein schienen als bei seinem einfachen Instrument. Goethe glaubte in diesen entoptischen



Fig. 9.

Einige von Goethes optischen Apparaten. 1. Achromatischer Prismensatz (Farbenlehre, didakt. Teil § 298). — 2. Optische Bank aus Holz. — 3. Einfacher Polarisationsapparat zum Studium der entoptischen Farben mit zwei schwarzen Spiegeln (Entoptische Farben, Kap. XVII). — 4. Zwischen den Spiegeln entoptischer Würfel aus übereinander gelegten Glasplatten in Metallrahmen (Entoptische Farben, Kap. XVI). — 5. Nigglscher Polarisationsapparat, Geschenk Prof. Schweiggers an Goethe (Entoptische Farben, Kap. XXVI). — 6. Negatives Bild eines Mädchens zu Nachbildversuchen (Grund rot, Kopftuch gelb, Backenflecken grün) vgl. Farbenlehre, didakt. Teil § 52 u. 53.

Farben das „Tüpfelchen auf dem i“ seiner Farbenlehre gefunden zu haben und machte sich weidlich über die Bemühungen der Physiker lustig, ihre optischen Theorien mit diesen ganz neuen Phänomenen in Einklang zu bringen.

„Möget ihr das Licht zerstückeln,
„Farb' um Farbe draus entwickeln,
„Oder andere Schwänke führen,
„Kügelchen polarisiren,
„Daß der Hörer ganz erschrocken
„Fühlet Sinn und Sinne stocken.
„Nein! es soll euch nicht gelingen,
„Sollt uns nicht beiseite bringen,
„Kräftig wie wir's angefangen,
„Wollen wir zum Ziel gelangen.“

Die Folge hat allerdings Goethe unrecht gegeben. An der Hand der entoptischen Phänomene und der Polarisationserscheinungen ist die Undulationstheorie des Lichtes ausgebaut worden zu der Vollendung, mit der sie heute die Gesamtheit der optischen Erscheinungen umfaßt. Die Richtigkeit von Goethes tatsächlichen Beobachtungen aber bleibt auch auf diesem Gebiete unbeschränkt bestehen. Er zog es auch hier wieder vor, die dunkle Kammer zu fliehen und möglichst unter freiem Himmel zu arbeiten. Dieses Mal wurde ihm dadurch eine wichtige Erfahrung ermöglicht. Er fand nämlich, daß die entoptischen Figuren sich ganz verschieden verhielten, je nachdem er seine Spiegel nach verschie-

denen Teilen des Himmels richtete, und es gelang ihm, die Gesetzmäßigkeit dieses Verhaltens nachzuweisen und von der jeweiligen Stellung der Sonne abzuleiten. Nach Goethes Meinung war damit der atmosphärische Ursprung der entoptischen Phänomene nachgewiesen. Nach unserer heutigen Ausdrucksweise hat er gefunden, daß das Licht, das von verschiedenen Teilen des Himmels reflektiert wird, teilweise und in gesetzmäßiger Weise polarisiert ist. Hierauf führt er nun die allen Malern bekannte Tatsache zurück, daß in den Ateliers die Beleuchtung zu den verschiedenen Tageszeiten verschieden gut ist. Er geht mit seinem entoptischen Apparat in die Malerateliers und stellt fest, daß die entoptischen Eigenschaften des Lichtes mit dieser Beleuchtung gleichmäßig wechseln und macht daraufhin den Vorschlag, ein gutes Maleratelier müsse zwei Fenster haben, eines nach Norden, eines nach Westen, damit zu verschiedenen Tageszeiten Licht aus verschiedenen Himmelsgegenden einfallen könne. Vorschläge zu Beobachtungen auf Reisen und zu Demonstrationen in der Vorlesung schließen diesen Aufsatz, in dem die mustergültige Darstellung und die klare Schilderung der Experimente bewunderungswert sind. Auch hier bildet Goethe aus den Phänomenen eine kontinuierliche Reihe, die von den einfachsten bis zu den kompliziertesten fortschreitet, und versucht, alles auf die Lehre von den trüben

Mitteln zurückzuführen. Hierher gehört auch das schöne Gedicht an Julie v. Egloffstein:

Entoptische Farben.

„Laß Dir von den Spiegeleien
„Unsrer Physiker erzählen,
„Die am Phänomen sich freuen,
„Mehr sich mit Gedanken quälen.

„Spiegel hüben, Spiegel drüben,
„Doppelstellung, auserlesen;
„Und dazwischen ruht im Trüben
„Als Kristall das Erdewesen[1]).

„Dieses zeigt, wenn jene blicken,
„Allerschönste Farbenspiele,
„Dämmerlicht, das beide schicken,
„Offenbart sich dem Gefühle.

„Schwarz wie Kreuze wirst du sehen,
„Pfauenaugen kann man finden,
„Tag und Abendlicht vergehen,
„Bis zusammen beide schwinden.

„Und der Name wird ein Zeichen,
„Tief ist der Kristall durchdrungen:
„Aug' im Auge sieht dergleichen
„Wundersame Spiegelungen.

„Laß den Makrokosmus gelten,
„Seine spenstischen Gestalten!
„Da die lieben kleinen Welten
„Wirklich Herrlichstes enthalten."

Goethe beabsichtigte ursprünglich am Schluß der Farbenlehre noch einen supplementaren Teil folgen zu lassen, in dem besonders ein Aufsatz über Ver-

---

[1]) Vergleiche hierzu den Apparat Fig. 9 Nr. 3 und 4.

suche sich finden sollte, bei denen Prismen und Linsen miteinander vereinigt werden. Goethe verweist oftmals auf diese Arbeit, hat sie aber niemals veröffentlicht. Ferner sollte im supplementaren Teil der zu den optischen Versuchen nötige Apparat eingehend geschildert werden und auch ein Aufsatz über den Regenbogen folgen. Statt dessen bringt Goethe am Schluß seiner Farbenlehre „statt des versprochenen supplementaren Teils“ nur einige Aufsätze Seebecks über die Wirkung farbiger Beleuchtung. Der erste derselben knüpft an eine ältere Entdeckung Goethes an. Dieser hatte schon im Jahre 1792 Untersuchungen über das Verhalten des bononischen Leuchtsteins (Schwefelbaryum), eines phosphoreszierenden Minerals, das nach vorheriger Belichtung im Dunkeln weiter leuchtet, angestellt und gefunden, daß nur die blauen und violetten, nicht dagegen die gelben und roten Strahlen des Sonnenspektrums die Phosphoreszenz hervorzurufen imstande sind. Diese Entdeckung ist also nicht, wie in einer neuern Arbeit zn lesen steht, 1849 von Becquerel, sondern 57 Jahre früher von Goethe gemacht worden. Seebecks Artikel befaßt sich mit der Wirkung des Lichtes auf Leuchtsteine, auf Schwärzung des Chlorsilbers und auf das Wachstum der Pflanzen.

Es bleibt uns nun noch übrig, ganz kurz auf den dritten Hauptteil von Goethes Farbensystem

einzugehen, auf die Lehre von den chemischen Farben, den Körperfarben. Auch hier versucht Goethe das Prinzip der trüben Medien zur Erklärung heranzuziehen. Ein Körper, der gar kein Licht zurückwirft, erscheint schwarz; ein Körper, dessen Oberfläche „die vollendete Trübe" besitzt, erscheint weiß; die Farben entstehen dadurch, daß nach Goethes Ansicht die Oberflächenschicht gefärbter Körper durchsichtig ist und wie ein trübes Mittel wirkt. Das Licht dringt also eine kleine Strecke in den Körper ein und wird erst dann reflektiert. Wenn die Oberflächenschicht eines weißen Körpers leicht getrübt ist, so ergibt sich ein trübes Mittel vor weißem Hintergrunde, und die Farbe des Körpers wird gelb; nimmt die Trübung zu, so steigert sich das Gelb zu Orange und Rot. Trübt sich dagegen die Oberflächenschicht eines schwarzen Körpers, so erblicken wir ein trübes Medium vor dunklem Hintergrunde, und der Körper erscheint blau; ist die Trübung eine besonders zarte, so entsteht Violett. Durch Mischung der gelben und der blauen Farbe ergeben sich dann grüne, durch Mischung der roten und der violetten Farbe purpurgefärbte Körper. So gelingt es Goethe in der Tat durch konsequente Anwendung der Lehre vom Trüben eine anschauliche Hypothese über das Auftreten der Körperfarbe zu gewinnen.

Goethe sucht in diesem Abschnitt noch eine

zweite Aufgabe zu lösen, nämlich die Frage zu beantworten, wie die Farbe chemischer Körper von ihrer chemischen Zusammensetzung abhängt. Das Problem selbst ist ein altes; schon Paracelsus hatte die Farbe der Körper auf ihren mehr oder minder großen Gehalt an Schwefel zurückgeführt. Es beschäftigt aber die Chemiker noch bis auf den heutigen Tag, und erst die Anfänge zu einer Lösung sind getan. Nur auf dem Gebiete der Teerfarbstoffe ist es bisher gelungen, zu bestimmten Gesetzmäßigkeiten zu gelangen. Entsprechend der damaligen Entwicklung der Chemie ist nun auch Goethes Ableitung der Farben von der chemischen Zusammensetzung noch durchaus unvollkommen. Er sucht allerdings die Farben der „Metallkalke", d. h. der Oxyde, von dem Grade ihrer „Oxydation und Desoxydation" abzuleiten. Ziemlich vollständig hat er die Farben der Pflanzenextrakte und ihren Farbenwechsel in saurer und alkalischer Lösung, die sogenannten Indikatoren, untersucht, worüber besonders seine Versuchsprotokolle Aufschluß geben. Ist ihm die Lösung der chemischen Aufgabe auch keineswegs gelungen, so ist es doch wichtig zu sehen, daß Goethe sich mit diesem Problem überhaupt genauer beschäftigt hat. Es finden sich in diesem Abschnitt ferner Ausführungen über Färberei und über die Methoden, Körper zu entfärben (Bleichkunst), wobei Goethe in interessanter Weise das

Zustandekommen der Bleichung erörtert und Experimente zur Erklärung vorschlägt. Dann wird noch das Vorkommen der Farben in der Natur bei Pflanzen, Würmern, Insekten, Fischen, Vögeln und Säugetieren geschildert. Diese wenigen Bemerkungen mögen genügen, um über den Inhalt des an Tatsachen reichen Kapitels von den chemischen Farben zu orientieren.

Es folgen nun noch Auseinandersetzungen über allgemeine Eigenschaften der Farben, und Goethe versucht dann weiter das Gebiet der Farbenlehre gegen die Grenzgebiete Philosophie, Mathematik, Physiologie, Naturgeschichte, allgemeine Physik und Tonlehre abzugrenzen. Dabei kommt manches zur Sprache, was im Vorhergehenden schon berücksichtigt wurde, manches, auf das wir in allgemeinem Zusammenhange noch zu sprechen kommen werden.

Das ist der Inhalt des didaktischen Teils, der das gesamte zu Goethes Zeiten vorhandene Tatsachenmaterial nach einheitlichen Gesichtspunkten geordnet und zusammengefaßt enthält. Von dem polemischen Teil, der hierauf folgt, war schon weiter oben die Rede, und wir müssen demnach nur noch des letzten Teiles gedenken, der „Materialien zur Geschichte der Farbenlehre“. Materialien deshalb, weil Goethe ursprünglich beabsichtigte, den gesamten historischen Stoff, den er

durch emsige Studien, besonders 1801 auf der Göttinger Bibliothek, gesammelt hatte, zu einer einheitlichen Darstellung zu verschmelzen. Als er aber in den Jahren 1807—1810 endlich mit seinen optischen Studien zum Abschluß kommen wollte, unterblieb diese letzte Überarbeitung und er faßte alles, was er zu sagen hatte, in einer Reihe von Einzeldarstellungen zusammen, aus denen sich jetzt dieses Werk zusammensetzt. Trotz oder vielleicht gerade wegen dieser lockeren Form der Darstellung besitzt der historische Teil einen ganz besonderen Zauber und ist von jeher als eines von Goethes Meisterwerken angesehen worden. Er unternimmt es nämlich, die Geschichte der Farbenlehre von den ältesten Uranfängen bis auf seine Zeit als ein Symbol für die Geschichte aller Wissenschaften überhaupt darzustellen. Diese Aufgabe gelingt ihm auf folgende Weise. Er läßt die Erkenntnis vom Wesen der Farben, deren historische Entwicklung er gibt, vor unsern Augen entstehen auf dem großen und allgemeinen Hintergrunde einer Geschichte der gesamten Naturwissenschaften. Aber auch hiermit nicht genug zeichnet er wieder die Naturwissenschaften auf dem breiteren Hintergrunde einer Entwicklungsgeschichte des menschlichen Geistes. Zu diesem Zwecke unterbricht Goethe oftmals die Darstellungen von den Leistungen einzelner Naturforscher durch allgemeinere Betrachtungen über

Naturwissenschaft, über Philosophie, Malerei und vieles andere. Besonders setzt er den jeweiligen Stand der Farbenlehre immer in Bezug zu den Fortschritten der Technik auf der einen und zu denen der Philosophie auf der andern Seite. So gelingt es ihm bei der historischen Entwicklung einer Einzeldisziplin die allgemeinsten Gesichtspunkte darzulegen, und deshalb ist die Lektüre dieses Spezialwerkes ein so besonderer Genuß. Überall findet man eingestreute Perlen, Betrachtungen von höchstem allgemeinen Werte.

Die Geschichte der Farbenlehre zerfällt in zwei Teile. Der erste geht vom Altertum bis zum Ende des 17. Jahrhunderts, der zweite von Newton bis auf Goethes Zeit. Der erste Teil ist es besonders, der die allgemeinen Betrachtungen enthält. Zuerst wird die geistige Eigentümlichkeit des Altertums geschildert und dabei Theophrasts Buch von den Farben in Übersetzung eingeschaltet. Auch eine hypothetische Geschichte des Kolorits bei den Alten aus der Feder Heinrich Meyers ist mit aufgenommen. Schließlich wird das Wesen des Altertums zusammengefaßt und die drei großen Stämme der Überlieferung, die von hier aus in das Mittelalter hinüberreichen, die Bibel, Plato und Aristoteles, in wunderbaren Sätzen charakterisiert. Die Frühzeit des Mittelalters ließ die Naturforschung brach liegen. Goethe füllt diese „Lücke“ wieder durch Betrach-

tungen allgemeinen Inhaltes und stellt an den Beginn der neuen Entwicklung die Persönlichkeit jenes englischen Mönches Roger Bacon, der die Naturwissenschaft auf mathematische Grundlage zu setzen unternahm. Dann wird die Entwicklung der Naturforschung im Mittelalter geschildert und an die Grenze gegen die neue Zeit der andere Bacon von Verulam gesetzt, der im Gegensatz zu aller Scholastik die Naturforschung ganz allein auf den Boden einfachster Empirie beschränkt sehen wollte. Daran schließt sich dann die Darstellung des 17. Jahrhunderts, beginnend mit Galilei und Keppler, in welchem die Farbenlehre die wichtigsten Fortschritte zu verzeichnen hat. Den Schluß bildet eine „Geschichte des Colorits seit Wiederherstellung der Kunst“ von Heinrich Meyer, in welcher die Entwicklung der Malerei nach der von Goethe aufgestellten Farbenästhetik geschildert wird.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit der Entstehung und der Fortentwicklung von Newtons Lehre. Zunächst wird die Gründung der Royal Society und damit das Milieu geschildert, in dem Newton seine Entdeckungen vortrug, dann gibt Goethe eine würdige Charakteristik von der Persönlichkeit seines großen Gegners, den er im polemischen Teil so heftig angegriffen hatte, und beschreibt dann in allen Einzelheiten das Bekanntwerden, den Siegeszug und die ersten Kämpfe der Newtonschen Theorie. Dabei

verzeichnet er natürlich besonders genau alle Einwendungen, die schon von der frühesten Zeit an gegen diese Lehre gemacht wurden, und stellt auch deshalb die Entdeckung der achromatischen Fernrohre durch Dollond in den Mittelpunkt seiner Darstellung, da hierdurch die Ansicht Newtons, daß Farbenzerstreuung und -brechung dasselbe sei, widerlegt wird. Goethe nahm, wie wir wissen, an, daß durch Dollonds Befund die Newtonsche Optik überhaupt gestürzt sei, und er setzt nun auseinander, wie die Zunftgelehrten diese vermeintliche Irrlehre immer nur weiter wiederholten und befestigten, während ihre Gegner nicht beachtet und totgeschwiegen wurden. Das Ende des historischen Teiles bildet die „Confession des Verfassers", in der Goethe die Entstehung seiner eigenen optischen Studien erzählt.

Während er im didaktischen Teil die Phänomene und Experimente einfach so schildert, wie er sie selbst angestellt hat, ist im historischen Teil die Entdeckungsgeschichte jeder einzelnen Tatsache der Farbenlehre verzeichnet. Goethe wird hier also allen seinen Vorgängern gerecht. Um so klarer aber sieht man, wie selbständig er bei der wissenschaftlichen Durcharbeitung des gesamten Materials vorgegangen ist.

Am Schluß der Betrachtung von Goethes optischem Gesamtwerk müssen wir uns noch einmal

die Frage vorlegen, wie es denn möglich gewesen ist, daß er in so unüberbrückbaren Gegensatz zu Newton kommen konnte. Wir haben die einzelnen Argumente, die er gegen ihn vorbringt, der Reihe nach gewürdigt. Der wahre Grund aber für seine Stellungnahme liegt tiefer. Goethe hat nicht umsonst die physiologischen Farben an die Spitze seiner Lehre gestellt. Er ging bei der Betrachtung des ganzen Farbenwesens durchaus von subjektiven Gesichtspunkten aus. Da es für ihn ohne weiteres evident war, daß Weiß eine einheitliche Empfindung ist, so hielt er es auch für absurd, daß das objektive weiße Licht aus farbigen Lichtstrahlen gemischt sein sollte. Ich bitte Sie, sich ins Gedächtnis zurückzurufen, was wir in unserer sinnesphysiologischen Betrachtung auseinandergesetzt haben: die scharfe Scheidung, welche zwischen den Empfindungen auf der einen und den diese Empfindungen auslösenden objektiven Vorgängen der Außenwelt auf der andern Seite besteht. Goethe war sich, wie wir wissen, über diesen Gegensatz noch nicht im Klaren und schloß deshalb als naiver Sinnesmensch von der Einheitlichkeit der Weißempfindung auf die Einheitlichkeit des weißen Lichtes, während der Physiker Newton sich um die Empfindungen überhaupt nicht gekümmert und nur die Vorgänge der Außenwelt studiert hatte. So kam Goethe zu seiner Stellungnahme in der Farbenlehre

dadurch, daß er von einer ganz neuen Seite das Problem anpackte, und daß er, durch seine Erfolge auf physiologischem Gebiete verleitet, die physikalischen Fragen von demselben Standpunkte aus lösen wollte.

Es bleibt nur noch kurz zu schildern, wie sich die Farbenlehre nach Goethe und im Anschluß an ihn weiter entwickelt hat. Von Seiten der Physiker wurde er, wie wir wissen, gleich von Anfang an aufs heftigste bekämpft. Wirklich rückhaltlose Anhänger hatte er wohl überhaupt nur zwei. Der eine war der Staatsrat Schultz, ein merkwürdiger Mann, der schon im Jahre 1806 sich mit der Fabrikation von Flintglas beschäftigte, 1812 einen Aufsatz „über die farbigen Ränder und die verkleinerten Bilder nach Goethe" schrieb, 1814 seinen Briefwechsel mit Goethe begann, der bis zu dessen Tode fortgeführt wurde, und 1816 eine Arbeit „über physiologe Gesichts- und Farbenerscheinungen" in Schweiggers Journal erscheinen ließ. Derselbe Mann war es aber auch, der 1820 die Karlsbader Beschlüsse an der Berliner Universität durchführte und ein Hauptverfolger der deutschen Burschenschaften gewesen ist. Später fiel er in Ungnade. Er hat sich auch noch mit geographischen Fragen beschäftigt und war einer der ersten, der die alten römischen Kastelle auf deutschem Boden studierte. Außer Schultz kann eigentlich nur noch der junge Berliner Dozent

v. Henning, ein Schüler Hegels, als treuer Anhänger gerechnet werden. Er las vom Jahre 1822 ab über Goethes Farbenlehre und zeigte die dazu gehörigen Experimente seinen Hörern.

Wir haben gesehen, daß Goethe von der physiologischen Seite her die Farbenlehre in Angriff genommen, aber die scharfe Scheidung zwischen Sinnesempfindungen und äußeren Reizen nicht gemacht hatte. Während er selbst über diese Frage noch im Finstern irrte, war im Norden Deutschlands schon das Licht aufgegangen, das dieses Dunkel erhellen sollte. Kant hat in seiner Kritik der reinen Vernunft für immer die Gesichtspunkte festgelegt, nach denen wir unser Verhältnis zur Außenwelt zu beurteilen haben. Goethe hatte Kants Schriften gelesen und war durch Schiller nachdrücklichst auf ihren Inhalt hingewiesen worden. Aber er war von Jugend auf in spinozistischen Bahnen zu denken gewohnt und hat die Kantsche Vorstellungsart nicht mehr so in sich aufgenommen, daß er sie für die wissenschaftlichen Grundfragen anwendete. Dagegen beruhen die Fortschritte, welche die Sinnesphysiologie noch zu Goethes Zeiten über ihn hinaus machte, auf einer folgerichtigen Anwendung der Kantschen Lehre. Den ersten Schritt auf dieser Bahn tat Arthur Schopenhauer. Goethe lernte den jungen Philosophen 1813 im Hause von dessen Mutter in Weimar kennen und gewann solches Interesse an ihm, daß er ihm seine optischen Versuche und Appa-

rate demonstrierte. Diese Unterweisung fiel auf fruchtbaren Boden. Schopenhauer setzte die Beschäftigung mit der Farbenlehre fort und sandte schon 1815 das Manuskript seines Aufsatzes „über das Sehen und die Farben“ an Goethe. Dieser las die Arbeit, war aber keineswegs mit ihr einverstanden, und es bedurfte mehrerer brieflicher Mahnungen, bis Schopenhauer nach Monaten seine Schrift zurückerhielt, welche 1816 im Druck erschien. In diesem Aufsatz zeigt Schopenhauer zunächst, daß man im Gegensatz zu Goethes Angabe durch Vermischung spektraler Lichter tatsächlich weißes Licht erhalten kann, eine Abweichung, die Goethe seinem Schüler nie verziehen hat. Weiter aber ist Schopenhauer der erste, der als bewußter Schüler Kants die scharfe Scheidung zwischen Sinnesempfindung und Sinnesreizen macht. Er teilt nicht mehr die Farben wie Goethe in physiologische, physische und chemische, sondern erklärt ohne weiteres alle Farben als unsere Empfindungen, hervorgerufen durch Affektion unseres Auges. Solche Farbenempfindungen können ohne äußere Reize entstehen (physiologische) oder durch Vorgänge in der Außenwelt, durch Lichtstrahlen erzeugt sein (physische und chemische Farben). Dadurch war das physiologische Gebiet scharf von dem physischen gesondert.

Den nächsten großen Fortschritt der Sinnesphysiologie hat Goethe ebenfalls noch erlebt. 1826 ver-

öffentlichte Johannes Müller in Bonn sein Buch „zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes des Menschen und der Tiere“, in welchem das Gesetz von der spezifischen Sinnesenergie aufgestellt wurde. Johannes Müller zeigte, daß die Art unserer Sinnesempfindungen überhaupt nicht abhängt von der Art der äußeren Reize, sondern nur von der Art des Sinnesorgans oder Sinnesnerven, der erregt wird. Auch hierbei handelt es sich um eine Anwendung Kantscher Ideen auf physiologische Probleme.

Diese beiden großen Fortschritte knüpfen nun unmittelbar an Goethes Optik an; Schopenhauer war, wie gesagt, Goethes direkter Schüler, Johannes Müller bekennt selbst, daß „ohne mehrjährige Studien der Goetheschen Farbenlehre in Verbindung mit der Anschauung der Phänomene selbst seine Untersuchungen wohl nicht entstanden wären“. Es ist aber notwendig, festzustellen, daß Goethe selbst die große Bedeutung dieser beiden Arbeiten nicht erkannt hat. Für ihn war das System seiner Farbenlehre so abgeschlossen, daß er nicht mehr imstande war, umzudenken. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß er zur Zeit der Schopenhauerschen Arbeit 66, des Johannes Müllerschen Buches schon 77 Jahre alt war, und daß es eine bekannte Tatsache ist, daß es in naturwissenschaftlichen Fragen den meisten Forschern schwer fällt, von einem gewissen Alter an neue

Ideen aufzunehmen. Auf Schopenhauer beziehen sich die Verse:

„Trüge gern noch länger des Lehrers Bürden,
Wenn Schüler nur nicht gleich Lehrer würden.“

Und ferner:

„Dein Gutgedachtes, in fremden Adern,
Wird sogleich mit dir selber hadern.“

Dem Philosophen selber schrieb er: „Komm' ich aber an das, wo Sie von mir differiren, so fühle ich nur allzu sehr, daß ich jenen Gegenständen dergestalt entfremdet bin und daß es mir schwer ja unmöglich fällt, einen Widerspruch in mich aufzunehmen, denselben zu lösen, oder mich ihm zu bequemen. Ich darf daher an diese strittigen Punkte nicht rühren“; und in seinem Dankschreiben an Johannes Müller für Übersendung seines Buches sagt er: „Freilich ist die Region, in der w uns umtun, so weit und breit, daß von einem gemeinsamen Wege die Rede nicht sein kann; und gerade die, welche vom Zentrum nach der Peripherie gehen, können, obgleich nach einem Ziele strebend, unmöglich parallelen Schritt halten.“ — Dagegen hat Goethe an dem Werke eines andern Physiologen, das sich ebenfalls an seine Farbenlehre anschloß, an Purkinjes „Beiträgen zur Kenntnis des Sehens in subjektiver Hinsicht“ eine uneingeschränkte Freude gehabt. Das erste Heft wird von ihm mit größtem Lobe recensiert, das zweite ist ihm gewidmet. Hier

entwickelt Purkinje auf Grund sehr zahlreicher und subtiler Versuche, die zum Teil Goethes Experimente direkt weiterführen, die Lehre von den subjektiven Licht- und Farbenerscheinungen. Die Phänomene werden klar und einfach geschildert und Goethe erkannte diese Darstellungsart rückhaltlos an. So sehen wir die drei größten Sinnesphysiologen der Zeit unmittelbar an Goethes Werk anknüpfen. Die physiologische Optik des 19. Jahrhunderts geht in ihren Wurzeln direkt auf seine Farbenlehre zurück. In der Mitte des Jahrhunderts hat dann Helmholtz in seinem klassischen Handbuch der physiologischen Optik das gesamte Wissen der Zeit, das von ihm selbst in Vielem erweitert war, zusammenfassend dargestellt. Erst Helmholtz war es, der viele der Punkte, in denen Goethe von Newton abwich, klar gestellt hat; er klärte die Mischungsgesetze von Blau und Gelb auf, er erzielte zuerst wirklich reine spektrale Lichter, die durch weitere Brechung nicht verändert werden können. Durch Helmholtz sind also Goethes Irrtümer auf physikalisch-optischem Gebiete als endgültig widerlegt anzusehen. Dagegen lebt der alte Gegensatz zwischen der Goetheschen und der Newtonschen Betrachtungsweise bis auf den heutigen Tag auf dem Gebiete der p h y s i o l o g i s c h e n Optik unvermittelt fort. Ebenso wie Goethe die Farbenlehre von der Seite der Empfindung und Newton von der Seite der objektiven Reize

aus anfaßte, so wird auch jetzt noch die physiologische Optik durch die Schüler von Hering und die von Helmholtz-v. Kries in verschiedener Weise bearbeitet. Hering geht ebenso wie Goethe von der Betrachtung unserer Empfindungen aus, die er als Schwarz-Weiß-, Rot-Grün-, Blau-Gelbempfindung beschreibt. v. Kries dagegen lehrt, daß man über die Farbenempfindung irgend einer Versuchsperson gar nichts wissenschaftlich Sicheres aussagen kann, daß diese uns vielmehr nur angeben kann, wann ihr zwei Farben völlig gleich erscheinen. Mit Hilfe solcher „Farbengleichungen" untersucht v. Kries den Farbensinn normalsichtiger Menschen und findet, daß alle überhaupt möglichen Farbenempfindungen sich durch Mischung von drei einfachen spektralen Lichtern hervorrufen lassen. Es führt also die Analyse der Empfindungen auf die Annahme von vier Grundfarben (außer Schwarz und Weiß), die Analyse der objektiven Reize dagegen auf die Tatsache, daß durch Kombination dreier Reizarten alle verschiedenen Farbenempfindungen ausgelöst werden können. Diese beiden Ergebnisse stehen sich völlig unvermittelt gegenüber. Warum durch drei Reizarten vier verschiedene Farbenempfindungen hervorgerufen werden, ist bis heute völlig dunkel. Der Gegensatz zwischen den beiden Betrachtungsarten Goethes und Newtons besteht unüberbrückt weiter.

Wir sehen aus dieser Darstellung, daß Goethes Farbenlehre in ihrem physiologischen Teile ein grundlegendes Werk ist, daß die physiologische Optik in unmittelbarem Anschluß an sie sich fortentwickelt hat, und daß die Goethesche Lehre und Anschauungsweise von der einen der heute herrschenden physiologisch-optischen Schulen im wesentlichen auch jetzt noch vertreten wird. So hat Goethe recht behalten, wenn er von seiner Farbenlehre sagte: „Mir aber können sie nichts zerstören, denn ich habe nicht gebaut; aber gesäet habe ich und so weit in die Welt hinaus, daß sie die Saat nicht verderben können, und wenn sie noch so viel Unkraut unter den Weizen säen."

Neunte Vorlesung.

Mineralogie, Geologie, Meteorologie.

Meine Herren! „Ich fürchte den Vorwurf nicht, daß es ein Geist des Widerspruchs sein müsse, der mich von Betrachtung und Schilderung des menschlichen Herzens, des jüngsten, mannigfaltigsten, beweglichsten, veränderlichsten, erschütterlichsten Theiles der Schöpfung zu der Beobachtung des ältesten, festesten, tiefsten, unerschütterlichsten Sohnes der Natur geführt hat." So schreibt Goethe im Jahre 1784 bei seinen Studien über den Granit und wir finden den Dichter mehr als 50 Jahre hindurch mit dem eifrigsten Studium der Erdrinde, ihres Aufbaus und ihrer Entstehung beschäftigt. Es würde den Rahmen dieser Vorträge überschreiten, wenn wir ihm auch auf diesem Gebiete in alle Einzelheiten der fachwissenschaftlichen Forschung folgen wollten. Es soll hier nur ein allgemeiner Überblick über seine Untersuchungen und seine Ansichten gegeben werden.[1]) Wie wir schon wissen, ist Goethe aus

[1]) Eine eingehendere Darstellung und Würdigung dieses Zweiges von Goethes Tätigkeit findet sich in der diesjährigen Jenaer Prorektoratsrede des dortigen Mineralogen G. Linck:

praktischen Gründen zur Beschäftigung mit der Mineralogie veranlaßt worden. Es handelte sich seit 1776 um die Wiederbelebung des seit langem daniederliegenden Ilmenauer Bergbaues, die Goethe als leitender Minister 1777 in die Hand nahm. Er fand aber in Thüringen bereits den Boden für geologische Studien geebnet, denn durch die Nähe der Freiberger Bergakademie und besonders durch das Wirken des berühmtesten Geologen seiner Zeit, Werners, war das Interesse ein reges geworden. Der Ilmenauer Bergbau war ein Flötzbergbau, und es erwuchs dadurch die Aufgabe, bei der bergmännischen Gewinnung der Erze immer ganz bestimmte Schichten und Flötze wieder zu erkennen. Dabei wurde Goethe auf die große Regelmäßigkeit, mit der die Schichten der Erdrinde gerade in Thüringen angeordnet sind, aufmerksam gemacht, und es wurde das für ihn eine wichtige Stütze der Wernerschen Lehre, der als ein Neptunist die Entstehung der Erdrinde auf das Wirken des Wassers zurückführte.

Schon in dieser ersten Zeit hatte Goethe Gelegenheit, auch in anderm Sinne sich praktisch zu betätigen. Auf seine Veranlassung wurde 1779 vom

---

Goethes Verhältnis zur Mineralogie und Geognosie (Jena 1906, Gustav Fischer). Auf diese Schrift sei hier besonders hingewiesen. Sie liegt auch der nachstehenden Darstellung teilweise zugrunde.

Herzog das Walchsche Naturalienkabinet mit einer großen Sammlung von Mineralien erworben und unter der Leitung von Lenz, der nachmals der erste Professor der Mineralogie in Jena wurde, im dortigen Schlosse aufgestellt. Sie wurde nach Werners System geordnet und gab den Grundstock für das später so berühmte mineralogische Museum. Um aber auch für das Bergwesen einen geeigneten Fachmann zu gewinnen, veranlaßte Goethe, daß der Herzog den später berühmten J. C. W. Voigt auf die Bergakademie zum Studium schickte und arbeitete 1780 für diesen eine genaue Instruktion zu einer geologischen Reise durch das Herzogtum aus.

Goethes geologische Anschauungen, die in Thüringen wurzelten, erweiterten sich auf zahlreichen Reisen um ein Beträchtliches. Schon auf der ersten und zweiten Harzreise hatte er geologische Beobachtungen gemacht und die Bergwerke von Goslar und Klausthal besucht. Die dritte Reise, die er im August und September 1784 mit dem Zeichner Kraus unternahm, war ganz mit diesen Studien ausgefüllt. Das geognostische Tagebuch aus diesen Wochen ist erhalten und gibt Zeugnis von dem Ernst, mit dem die Untersuchungen angestellt wurden, und im Goethehaus befinden sich noch heute die schönen Zeichnungen, welche Kraus von den merkwürdigsten und bedeutendsten Granitformationen der Harz-

klippen angefertigt hat, denn dem Studium des Granits war diese Reise hauptsächlich gewidmet. Die zahlreichen Aufenthalte in den böhmischen Bädern gaben Goethe Gelegenheit, auch hier geologische und mineralogische Erfahrungen zu sammeln. Er lernte allmählich diesen Teil Böhmens gründlich kennen, beobachtete die Entstehung der heißen Mineralquellen, befestigte seine neptunistischen Anschauungen und sah die Ausbreitung und den Einfluß der großen Kohlenlager. In der Schweiz und Tirol studierte er Form, Ausbreitung und frühere Wirkungen der Gletscher. In Italien lernte er bei der Besteigung des Ätna und Vesuv, beim Besuch der phlegräischen Felder Bau und Wirksamkeit der Vulkane beurteilen und selbst während der Campagne in Frankreich trieb er mineralogische Forschungen. So war das Anschauungsmaterial beschaffen, das Goethe seinen Erdstudien zugrunde legen konnte. Es ist das wichtig, weil sich durch die Betrachtung dieser Landschaften die durch Werner begründeten neptunistischen Anschauungen mehr und mehr in ihm befestigen mußten. Goethe weist darauf hin, daß er vermutlich nicht ein solcher Anhänger dieser Lehren geworden wäre, wenn er seine ersten Studien z. B. in der vulkanischen Auvergne hätte anstellen können.

Von diesen Reisen brachte er große Sammlungen mit nach Hause, die er ordnete und auf-

stellte. Durch Voigt war er in die mineralogische Nomenclatur und Systematik eingeführt worden und so entstand jene große, mehr als 18000 Nummern umfassende Kollektion, die durch ihre Reichhaltigkeit und die Schönheit der Einzelstücke noch heute die Bewunderung der Besucher des Goethehauses erregt. Der größte Teil setzt sich aus Fundstücken von Thüringen, dem Harz und Böhmen zusammen, aber auch die andern Teile Deutschlands, Italien und viele andere Länder sind vertreten. Außerdem werden Verzeichnisse angelegt z. B. von sämtlichen in Thüringen aufgefundenen Fossilien.

Von besonderer Bedeutung wurde die Sammlung des Steinschneiders Joseph Müller in Karlsbad. Derselbe hatte zunächst für sein Gewerbe viele Mineralien bei Karlsbad gesammelt, seine Kollektion immer mehr erweitert und legte sie 1806 Goethe vor. Dieser ordnete die Mineralien, indem er, vom Granit ausgehend, eine kontinuierliche Reihe der verschiedenen Vorkommnisse aufstellte, und fertigte einen genauen wissenschaftlichen Katalog an. Er veranlaßte nun Müller, diese Mineralien in größerer Anzahl zu sammeln und in gleichartiger Anordnung in den Handel zu bringen. Schon 1806 zeigte Goethe im Intelligenzblatt der Jenaischen Literaturzeitung die Kollektion an und veröffentlichte 1808 den Katalog in v. Leonhards mineralogischem Taschenbuch. Auf diese Weise wurde eine mine-

ralogische Mustersammlung allen Gelehrten in gleichmäßiger Weise zugänglich gemacht und der Bonner Mineraloge Noeggerath bezeichnete sie für Unterrichtszwecke geradezu als die beste. Goethe gab dann an ihrer Hand eine genaue mineralogische Beschreibung der Karlsbader Gegend und ließ 1821 eine ebensolche der Umgebung von Marienbad folgen, der eine entsprechende Sammlung zugrunde lag. Er hat auch später der Karlsbader Sammlung sein Interesse bewahrt und noch 1832 eine Folge von verschiedenen Sprudelsintern, die Müllers Nachfolger Knoll in den Handel brachte, ebenfalls angezeigt.

Als Sammler und Forscher stand Goethe in regem Verkehr mit vielen Fachgenossen. Mineralogische Korrespondenz wurde gepflogen mit den Freunden Merck und v. Knebel, mit v. Trebra, v. Leonhard, Aug. v. Herder, Cramer, dem Grafen Sternberg, Grüner und besonders mit Lenz. Ein lebhafter Tauschverkehr mit diesen Fachgenossen und mit den fernsten und fremdesten entwickelte sich. Vielfach vermittelte auch Goethe den Mineralienaustausch, erweiterte so seine und die Jenaische Sammlung und als der Erwerb des bedeutenden Cramerschen Kabinettes für Jena aus Mangel an Mitteln unterbleiben mußte, sorgte er dafür, daß es nach Heidelberg kam.

In den Jahren 1796—98 wurde durch Lenz die mineralogische Gesellschaft in Jena gestiftet, die

Goethe zu ihrem ersten Ehrenmitglied ernannte. Lenz entfaltete eine außerordentlich große Rührigkeit, neue Mitglieder für die Sozietät zu gewinnen und durch deren Vermittlung die Jenaische Sammlung zu vergrößern. Dadurch wurde diese zu einer der bedeutendsten ihrer Zeit und die auswärtigen Gelehrten strömten herbei, um ihre Schätze zu bewundern.

In der damaligen Zeit gewann die Mineralogie zwei wichtige Hilfswissenschaften in der analytischen Chemie und Kristallographie. Auf die Initiative des großen nordischen Chemikers Berzelius hatte man begonnen, die Gesteine auf ihren Gehalt und ihre chemische Zusammensetzung zu analysieren. Goethe selbst hat solche Analysen nicht ausgeführt, wohl aber die Fortschritte der neuen Wissenschaft mit großem Interesse verfolgt. Zuerst durch Göttling, später durch Döbereiner ließ er sich über die Entwicklung der neueren Chemie auf dem Laufenden halten. Für sein reges Interesse legt die große Sammlung chemischer Hand- und Lehrbücher Zeugnis ab, welche in seiner Bücherei zu finden ist. Weniger hat er sich mit Kristallographie beschäftigt, deren Kenntnis ihm vor allem durch Soret vermittelt wurde. Doch stellte er auch gelegentlich Beobachtungen über das Entstehen, das Wachstum und die Größe der Kristalle an.

Wenn Goethes mineralogische und geologische Forschungen auch keinen Markstein in der Ge-

schichte dieser Wissenschaften bilden, so hat er doch „den Besten seiner Zeit genug getan“. Seine Beobachtungen wurden wenigstens in den späteren Jahren von den Fachgenossen höchlich geschätzt. Er war Mitarbeiter von v. Leonhards mineralogischem Taschenbuch, seine fachwissenschaftlichen Schriften wurden von Noeggerath in der Jenaischen Literaturzeitung einer höchst anerkennenden Kritik unterzogen; er wurde 1822 wegen seiner Forschungen in Nordböhmen zum Ehrenmitglied der unter dem Präsidium des Grafen K. Sternberg gegründeten Gesellschaft des vaterländischen Museums in Böhmen ernannt und die Wernerische naturforschende Gesellschaft in Edinburgh wählte ihn ebenfalls zum Ehrenmitglied.

So weit der äußere Gang von Goethes Studien; lassen Sie uns jetzt den Inhalt kennen lernen.

Goethe hat eine Reihe von sorgfältigen Beschreibungen der verschiedensten Mineralien und Gesteine geliefert, zunächst des Granits und seiner verschiedenen Abarten. Die Schilderung der Feldspatzwillinge des Karlsbader Granits wird von Linck geradezu als mustergültig bezeichnet. Sein Verdienst ist auch die Entdeckung eines zweiten grünlich verwitternden Feldspats in diesem Granit. Eingehende Studien widmete er dem Vorkommen des Zinns, das er besonders bei Zinnwalde und Altenburg untersuchte. Er schildert genau das granit-

ähnliche Gestein „Greissen“, in dem das Zinn enthalten ist, und untersucht die Übergänge vom Granit zu den zinnhaltigen Gesteinen. Die verschiedenen Porphyrarten werden genau untersucht und die Konglomeratsteine und Breccien damit, wenn auch irrtümlicherweise, verglichen. Auch das Vorkommen der böhmischen Granaten ist von Goethe studiert worden.

Der Granit war für ihn ebenso wie für seine Zeitgenossen das eigentliche Urgestein, die Unterlage aller geologischen Bildung. Ihm hat er jenen herrlichen hymnusartigen poetischen Aufsatz (1784) gewidmet, dem das Zitat am Anfang dieses Vortrags entnommen ist und dessen Lektüre keiner versäumen sollte. Im Granit sieht er die tiefste Schale unsrer Erdrinde, und vom Granit aus untersucht er die ersten Differenzierungen der Gesteinsarten. Im Harz wie bei Marienbad und in den übrigen Gebirgen findet er im Granit das eigentliche Knochengerüst der Gebirgsbildung. Er ist für ihn das letzte Anschauliche, zu dem die Forschung vordringen kann. das geologische „Urphänomen“. „Mein Geist hat keine Flügel, um sich in die Uranfänge emporzuschwingen. Ich stehe auf dem Granit fest und frage ihn, ob er uns einigen Anlaß geben wolle, zu denken, wie die Masse, woraus er entstanden, beschaffen gewesen.“ Nach Goethes Vorstellung hat sich aus dem ursprünglichen feuerflüssigen Zustand

der Erde zunächst ein Kern herauskristallisiert, über dessen innere Beschaffenheit wir nichts wissen, dessen äußere Schale aber der Granit ist. Schon bei der ersten Kristallisation und nicht erst bei der späteren Abkühlung sind in diesem die noch heute vorhandenen Risse und Spalten aufgetreten. Über diesem Kern befand sich eine Hülle von Wasser als großer Ozean, aus dem sich nun zunächst Gneis und Glimmer (-schiefer) niedergeschlagen und den Granit bedeckt haben. Daran schloß sich eine Ablagerung von Tonschiefer und den übrigen Gesteinsarten, die Goethe als Übergangsgebirge bezeichnet. Aus den Wassern fand dann eine weitere Sedimentierung statt, deren Ergebnis die Flötzgebirge sind (Sandstein, Kalk, Gips, Kohle usw.). Zu diesen gesellt sich als jüngste Formation das unter dem Einfluß der fließenden Gewässer gebildete auf- und angeschwemmte Land.

Um sich die Formbildung bei der ersten Kristallisation des Granits zu veranschaulichen, zieht Goethe die noch heute vor sich gehenden Gestaltungen der großen Schnee- und Gletschermassen heran. Die Bildung der Granitklippen im Harze wird direkt mit der Bildung der Eistürme und Seracs in den Gletscherabbrüchen verglichen. Die schon bei der ersten Bildung auftretenden Risse und Spalten sollten eine gewisse Tendenz haben, in bestimmten Richtungen (nord-südlich) zu verlaufen. Dazwischen

sollten sekundäre Spalten entstanden sein (ostwestlich), aber nicht rechtwinklig, sondern schräg zu jenen ersten Spalten. So sollten die ursprünglichen Formen der Granitmassen rhombisch ausgebildet gewesen sein. Für diese Spaltenbildung führt Goethe als noch heute zu beobachtende Beispiele die Risse an, die sich in erweichtem Lehm beim Trocknen oder in zu stark geglühten Ziegelsteinen bilden. Den Grund für das Auftreten dieser Spalten gleichzeitig mit der ersten Kristallisation sieht er darin, daß jede Solideszenz wie auch die des Eises mit einer Erschütterung verbunden sei, und diese letztere dient ihm dazu, manche heute gewaltsam scheinenden Formen zu erklären. Die Entstehung der Klüfte und im Zusammenhang damit der Ursprung der Gänge, z. B. der erzhaltigen Gänge und Adern im Gestein war für Goethe ein Problem, über dessen Lösung er vielfach nachdachte. Im ganzen neigte er dabei zu der Ansicht, daß dieselben gleichzeitig mit den umgebenden Gesteinen bei deren erster Gestaltung und Solideszenz entstanden seien. Er hielt überhaupt manches, wie er an v. Leonhard schreibt, für simultan entstanden, was andere auf verschiedene Bildungsepochen zurückführen wollten. Er versuchte geradezu, vom Granit, dessen verschiedene Bestandteile so eng miteinander verbunden sind, daß man keine Kontinens und kein Kontentum unterscheiden kann, alle Übergänge bis

zu den porphyrartigen Bildungen aufzufinden, bei denen die Teile einer Gesteinsart gleichsam in eine andere eingeschmolzen erscheinen, und schloß hieran die Konglomerate und Breccien, bei denen Gesteinstrümmer in eine gemeinsame Bindemasse eingelagert sind. Auch diese letzteren sollten nach Goethe simultan entstandene Gesteine darstellen, eine Ansicht, die heute als widerlegt angesehen werden kann.

Die Phänomene der Ablagerung und Sedimentierung studierte Goethe an den gleichmäßig gelagerten Schichten Thüringens und an dem geologischen Aufbau Böhmens, das er als einen uralten Binnensee ansah. Als noch heute fortdauerndes Beispiel solchen Absetzens von Gesteinen betrachtete er die Bildung des Sprudelsteins und Sinters aus den Karlsbader Quellen. Für die Beurteilung des Alters der verschiedenen abgesetzten Schichten und Flötze benutzte er die in ihnen eingeschlossenen Versteinerungen. Er ist höchstwahrscheinlich der erste gewesen, der die Bedeutung der Versteinerungen zu diesem Zweck erkannt hat, denn schon 1782 schreibt er an Merck: „Es wird bald die Zeit kommen, wo man Versteinerungen nicht mehr durcheinanderwerfen, sondern verhältnismäßig zu den Epochen der Welt rangieren wird.“ Er selbst hat dieses Kriterium gelegentlich verwendet und z. B. einen Schiefer als späte Formation angesprochen, weil sich Larven von Wasserinsekten in ihm fanden.

Die ursprünglich gebildeten Schichten und Gebirgsformen werden nun fortwährend umgebildet und umgestaltet durch die langsam wirkenden Einflüsse des Wassers und der Atmosphäre. Vor allem studiert Goethe den Einfluß der Verwitterung auf die einzelnen Mineralien im kleinen und auf die Gebirgsform im großen und schreibt diesem Faktor die allerwichtigste Bedeutung zu. Er schildert, wie man die groteskesten Bildungen aus Granit, wie sie z. B. an der Luisenburg bei Alexandersbad vorkommen, auch ohne die Mitwirkung vulkanischer Kräfte begreifen könne, wenn man annimmt, daß einzelne Teile des ursprünglichen Granitmassivs verwittert und die widerstandsfähigeren Blöcke dann übereinandergestürzt seien. Er zeigt, daß unter dem Einfluß der Ausdünstung der Marienbader Quellen die umliegenden Gesteine zu Gebilden verwittern, welche vulkanischen Mineralien ganz ähnlich sehen.

Besonderes Interesse widmete er dem Auftreten der Findlinge und erratischen Blöcke in den Alpen und der norddeutschen Tiefebene. Er führt dieses auf verschiedene Ursachen zurück. Die Granitblöcke des Rhonetales sind seiner Meinung nach in früheren Zeiten durch Gletscher dahin transportiert worden. Viele Blöcke in Norddeutschland betrachtet er aber als Reste einer alten Urgebirgsreihe, die der Verwitterung entgangen seien, und führt als deren

wichtigstes Beispiel den Heiligendamm an. Außerdem aber läßt er eine Reihe dieser Findlinge auf Eisschollen und Eisbergen von Skandinavien her übers Meer angeschwemmt sein und schließt sich damit einer Hypothese Voigts an, besonders als tatsächlich das Anschwemmen skandinavischer Gesteinsarten auf Eisschollen an der Ostseeküste durch Preen beobachtet wurde. Im Anschluß an diese Betrachtung entwickelt nun Goethe die Vorstellung einer Eiszeit, und es scheint, daß er tatsächlich der erste gewesen ist, der eine solche Epoche angenommen hat. „Ich habe eine Vermutung, daß eine Epoche großer Kälte wenigstens über ganz Europa gegangen sei.“ Damals habe sich das Meer noch bis auf 1000 Fuß Höhe über den Kontinent erstreckt, der Genfer See sei mit dem Ozean in Zusammenhang gewesen, und die Gletscher seien von den Alpen bis zum Genfer See heruntergegangen. Auch in Wilhelm Meisters Wanderjahren kehrt diese Anschauung wieder. Überhaupt hat Goethe bei seinen geologischen Studien eine Reihe von Vorstellungen entwickelt, welche erst später zu allgemeiner Anerkennung gelangt sind. Außer seiner Ansicht über die historische Bedeutung der Versteinerungen und seiner Annahme einer Eiszeit war es besonders die Überzeugung, daß die bei der Erd- und Gebirgsbildung wirksamen Kräfte dieselben seien, wie wir sie jeden Tag, nur modifiziert, gewahr werden.

Daher auch sein Bestreben, für die geologischen Prozesse in unserer heutigen Umgebung anschauliche Beispiele, wie z. B. die Gestaltung des Gletschereises, zu finden. „Was mich betrifft, so traue ich der Natur zu, daß sie noch am heutigen Tage Edelsteine uns unbekannter Art bilden könne.“ Ja, er dehnt diese Vorstellung sogar auf das Gestein aus, das für ihn die Grundlage bildet, auf den Granit: „Es ist sehr möglich, daß Granit mehrmals vorkommt.“ Da für die Erdgestaltung seiner Ansicht nach die noch heute spielenden Kräfte genügen und die Umbildung der Erdoberfläche in unsern Tagen nur eine sehr langsame ist, so mußte schon Goethe zu der jetzt allgemein angenommenen Überzeugung kommen, daß die Perioden der Erdbildung von ganz außerordentlich langer Dauer gewesen seien, und er legt diese seine Überzeugung im 2. Teile des Faust dem Thales in den Mund:

„Nie war Natur und ihr lebendiges Fließen
Auf Tag und Nacht und Stunden angewiesen;
Sie bildet regelnd jegliche Gestalt,
Und selbst im Großen ist es nicht Gewalt.“

So sehen wir, wie Goethe durch seine geologischen Studien zu ganz modernen Anschauungen über die Erdbildung geführt wird.

Die Zeit, in welche seine Beschäftigung mit der Geologie fiel, wurde beherrscht durch den Streit zwischen Neptunisten und Vulkanisten, zwischen

denjenigen, welche dem Wasser, und denjenigen, welche den vulkanischen Kräften den Hauptanteil an der Gestaltung unserer Erde zuschrieben. Der alte Gegensatz ist heute längst ausgeglichen. Man hat dem Wasser und dem Feuer beiden ihren gebührenden Anteil an dem geologischen Geschehen zugewiesen. In der damaligen Zeit aber tobte der Streit mit der größten Heftigkeit. Goethe hat sich im großen und ganzen von den Übertreibungen der beiden Lehren fern zu halten gewußt. Dem ganzen Gange seiner Ausbildung nach neigte er mehr zu den neptunistischen Anschauungen Werners und klagte in den „Zahmen Xenien“:

„Kaum wendet der edle Werner den Rücken,
Zerstört man das Poseidaonische Reich;
Wenn alle sich vor Hephästos bücken,
Ich kann es nicht sogleich:
Ich weiß nur in der Folge zu schätzen,
Schon hab' ich manches Credo verpaßt.
Mir sind sie alle gleich verhaßt
Neue Götter und Götzen.“

Die großartigste Darstellung dieses wissenschaftlichen Streites aber hat er im 2. Teil des Faust gegeben. In der klassischen Walpurgisnacht läßt er Thales als Neptunist und Anaxagoras als Vulkanist über Gebirge und Meere wandern und stellt ihre Ansichten in scharfen Gegensatz. Auch hier läßt er ahnen, daß er selbst auf Seite des Thales steht und verspottet die Lehren der ungestümen Vulkanisten,

die sich nicht scheuen würden, selbst Steine vom Monde herabfallen zu lassen. Trotzdem wird auch im Faust eine endgültige Entscheidung über den Streit nicht gegeben, vielmehr die Bergentstehung nach vulkanistischer Ansicht durch Seismos (Erdbeben) anschaulich vorgeführt:

„Das hab' ich ganz allein vermittelt,
Man wird mir's endlich zugestehn:
Und hätt' ich nicht geschüttelt und gerüttelt,
Wie wäre diese Welt so schön?"

Demgegenüber aber bleibt Thales auf seinem neptunistischen Standpunkt, den er in den herrlichen Versen ausspricht:

„Alles ist aus dem Wasser entsprungen!!
Alles wird durch das Wasser erhalten!
Ocean, gönn' uns Dein ewiges Walten.
Wenn Du nicht Wolken sendetest,
Nicht reiche Bäche spendetest,
Hin und her nicht Flüsse wendetest,
Die Ströme nicht vollendetest,
Was wären Gebirge, was Ebnen und Welt?
Du bist's, der das frischeste Leben erhält."

Goethes eigene Stellung zu der Wirksamkeit und Bedeutung vulkanischer Kräfte ist im Laufe seiner Forschungen eine wechselnde gewesen. Er hat sich ihrer Bedeutung wohl niemals verschließen können, schreckte aber vor den Übertreibungen der damaligen Schule zurück. Er versuchte vieles, was als Produkt vulkanischer Eruptionen auftrat, im Anschluß an Werner auf unterirdische Erdbrände zurückzuführen, als deren Träger man besonders die großen

Steinkohlenlager betrachtete. Vor allem glaubte er solche Vorkommnisse in Böhmen zu finden. Das Brennen der Gesteine sollte durch die eingelagerten vegetabilischen Reste erleichtert werden. So fand er z. B. bei Grünlaß einen Brandschiefer, der an der Flamme entzündet werden konnte. Von diesem Gesichtspunkte aus studierte er den Einfluß des Brennens und Glühens auf eine ganz beträchtliche Anzahl von Gesteinsarten, und es ist uns noch ein Verzeichnis von 38 verschiedenen Mineralien erhalten, die er 1820 in Zwetzen dem Feuer des Töpferofens aussetzen ließ, um die Wirkung des Glühens zu ermitteln. Solche Versuche hat er noch mehrfach angestellt, und sie waren für die Beurteilung des in der Natur Vorkommenden für ihn von großer Bedeutung. So fand er „uralte neuentdeckte Naturfeuer- und Glutspuren" 1824 bei Pograd in Böhmen und studierte bei Karlsbad den Einfluß solcher Erdbrände auf schieferigen Ton und Quarz, wodurch sich schließlich Erdschlacken bilden. Solchen Prozessen schrieb er einen sehr großen Einfluß zu, verschloß sich aber doch nicht der Erkenntnis, daß auch vulkanische Kräfte angenommen werden müßten. So hat er selbst 1808 den Kammerbühl bei Eger, dessen vulkanische Gesteinsarten er sammelte und genau beschrieb, als einen alten submarinen Vulkan angesprochen und 1822 den Vorschlag gemacht, zur Befestigung dieser Meinung von

der Seite her einen Stollen in den Berg einzutreiben, um seinen Aufbau studieren zu können, ein Projekt, das nach seinem Tode vom Grafen Sternberg tatsächlich ausgeführt worden ist. 1824 aber glaubte er doch wieder auch pseudovulkanische Prozesse hier zu erkennen und ließ den Basalt des Kammerberges durch Brand eines darüberliegenden Gemenges von Tonschiefer und Steinkohle nachträglich verändert sein.

Seiner Meinung nach sind die Vulkane nicht gemeinsamen Ursprungs aus einem feuerflüssigen Kern der Erde, sondern entstehen rein lokal, wenn Wasser an Stellen in die Tiefe dringt, wo unterirdische Brände stattfinden. Daher liegen die Vulkane auch meist in der Nähe des Meeres; bei den feuerspeienden Bergen der höchsten Anden Südamerikas wird das Wasser vom schmelzenden Schnee geliefert. Eines der Probleme, das Goethe und seine Zeitgenossen beschäftigte, war die Entstehung des Basalts, der für eine sehr junge Formation gehalten wurde und einen Hauptstreitpunkt zwischen Neptunisten und Vulkanisten bildete. Auch Goethe hat über diese Streitfrage geforscht und geschrieben und Vergleichsvorschläge für die widerstrebenden Meinungen gemacht, ohne zu einem endgültigen Ergebnis zu gelangen. Daher sein Stoßseufzer:

„Amerika, du hast es besser
Als unser Continent, das alte,
Hast keine verfallenen Schlösser
Und keine Basalte.“

In einem Punkte war aber Goethes Stellungsnahme gegen die Vulkanisten eine durchaus entschiedene und klare. Er lehnte grundsätzlich die Annahme ab, daß unsere Erdoberfläche nach ihrer ersten Gestaltung noch nachträglich durch Heben und Senken, durch Faltungen, durch Risse und Verwerfungen umgestaltet worden sei. Die damaligen Vulkanisten ließen diese Vorgänge, für welche man heute Zeiträume von langer Dauer annimmt, katastrophenähnlich ganz plötzlich eintreten und ganze Gebirge auf einmal sich zu ihrer vollen Höhe erheben. Dagegen hat Goethe immer wieder aufs energischste Front gemacht. „Die Sache mag sein wie sie will, so muß geschrieben stehen, daß ich diese vermaledeite Polterkammer der Weltschöpfung verfluche.“ Wir haben schon gehört, daß Goethe die Gebirge in ihren Hauptformen schon bei der ersten Entstehung des Granits in allen wesentlichen Zügen ausgebildet sein ließ und keine spätere Gebirgsbildung mehr annahm. In diesem Sinne spricht Faust:

„Gebirgesmasse bleibt mir edel — stumm,
Ich frage nicht woher und nicht warum?
Als die Natur sich in sich selbst gegründet,
Da hat sie rein den Erdball abgeründet,
Der Gipfel sich, der Schluchten sich erfreut
Und Fels an Fels und Berg an Berg gereiht;
Die Hügel dann bequem hinabgebildet,
Mit sanftem Zug sie in das Thal gemildet,
Da grünt's und wächst's, und um sich zu erfreuen
Bedarf sie nicht der tollen Strudeleien.“

Die Ansicht seiner Gegner aber persifliert die Erzählung Mephistos, wie die Teufel im Innern der Erde eingeschlossen husten und pusten und durch die so produzierten Gase die Erdoberfläche umgestalten. Der Hauptgrund für Goethe, diese nachträglichen Formänderungen der Erdoberfläche zu verwerfen, war die in Mitteldeutschland schon im Anfang seines geologischen Studiums gemachte Erfahrung, daß die Schichten und Flötze mit größter Regelmäßigkeit angeordnet sind. Was er hier vor Augen sah, übertrug er auch auf andere Gebiete. An Stellen, wo die geologischen Schichten nicht horizontal, sondern mehr oder weniger geneigt gestellt sind, glaubte er sogar hypothetisch annehmen zu dürfen, daß auch solche Ablagerungen ursprünglich seien. Ein Hauptbeweisstück für Höhenveränderung der Erde in historischen Zeiten war der Serapistempel in Pozzuoli, dessen noch aufrechte Säulen in der Mitte des Schaftes von Bohrmuscheln angefressen sind, jetzt aber wieder in freier Luft stehen. v. Hoff sah hierin, in Übereinstimmung mit der heute allgemein angenommenen Meinung, den Beweis, daß das Meer im Mittelalter diesen Küstenstrich überflutet und dieser sich später wieder gehoben habe. Goethe aber setzt an der Hand von Zeichnungen auseinander, daß bei der Verschüttung des Tempels sich höchstwahrscheinlich in der Mitte eine Vertiefung und ein See gebildet habe, in dem

die Bohrmuscheln leben konnten, ohne daß man solche nachträgliche Hebungen annehmen müsse.

Ebenso wie die Vulkane, so ließ Goethe auch die heißen Quellen rein lokalen Ursprungs sein und leitete sie von dem Oberflächenwasser ab, das in die Tiefe dringt. Er war überzeugt, daß die Karlsbader Thermen aufhören würden zu sprudeln, wenn man die Tepel aus ihrem Bette ableiten würde. Das Oberflächenwasser, in die Tiefe dringend, sollte seiner Ansicht nach das feste Gestein durch die Benetzung wie eine galvanische Säule in Tätigkeit und Hitze bringen und so die Entstehung der Thermen veranlassen. Diese Meinung behielt er auch später noch bei, gegenüber der allgemein angenommenen Ansicht, daß die Quellen „aus dem siedenden Abgrund unserer Erdkruste hervordringen“ Auch praktisch hat sich Goethe einmal mit Balneologie beschäftigt und 1812 ein eingehendes Gutachten darüber verfaßt, ob die Schwefelquellen bei Berka durch die Anlage eines Badeortes nutzbar gemacht werden sollten. Diese durch ihre Gründlichkeit mustergültige Schrift, die auf einer Analyse Döbereiners fußt, enthält genaue Angaben über die voraussichtliche Ergiebigkeit der Quellen, über Anlagen zur Erwärmung des Wassers, zu Dampf- und Schlammbädern, über den Versand des Wassers und über die praktische Einrichtung des Badeortes.

Es werden wohl wenige Geologen, wenn sie eine ihrer schön und deutlich kolorierten Karten zur Hand nehmen, sich dessen bewußt sein, daß diese Farbengebung auf Goethe zurückgeht. Als Käfersteins geognostisch-geologische Karte von Deutschland 1821 erschien, wurde die Kolorierung, die in den wesentlichsten Zügen noch die heute maßgebende ist, nach Goethes Vorschlägen ausgeführt, der dabei von zwei Gesichtspunkten ausging: einmal die einzelnen geologischen Schichten so zu färben, daß sie sich möglichst voneinander unterscheiden, und zweitens, die Färbung der gesamten Karte harmonisch zu gestalten. So spielen Goethes Studien zur Farbenlehre hinüber bis in die praktische Geologie der neuen Zeit.

Dieser kurze Überblick über Goethes mineralogische und geologische Tätigkeit läßt erkennen, daß er auch hier gründlich geforscht und sein Wissen in die Tiefe und die Breite ausgedehnt hat. Im Gegensatz zu den optischen Studien, in denen er stets mit der größten Entschiedenheit und dem ausgesprochendsten Selbstgefühl auftritt, ist er in seinen geologischen Schriften viel zurückhaltender und bescheidener. Er war sich wohl bewußt, daß das ihm zugängliche Tatsachenmaterial nur eine unzureichende Grundlage abgab, die Entstehung des Erdballs zu erklären, und deshalb hat er auf geologischem Gebiete die Notwendigkeit, Hypothesen

zu Hilfe zu nehmen, stets anerkannt. Charakteristisch aber für seine Forschungsweise ist, daß er auch hier immer das Tatsächliche und das Hypothetische sorgfältig auseinander hält, die Tatsachen möglichst genau sammelt, sichtet und registriert, in den Hypothesen sich selbst aber eine Meinungsänderung vorbehält.

An die Besprechung der mineralogischen Arbeiten schließen wir die von Goethes meteorologischen Untersuchungen an. Ebenso wie er die Phänomene auf und unter der Erde zu ergründen suchte, so entgingen die zahlreichen Erscheinungen in dem Luftmeer seiner Beobachtung nicht. Dazu wurde er schon durch Erfahrungen am eigenen Körper veranlaßt, denn es ist bekannt, daß er gegen Witterungsumschläge sehr empfindlich war und unter dem trüben Klima Weimars litt. Es ist dies einer der Gründe für seine dauernde Sehnsucht nach den südlichen Lüften Italiens. So wurde er schon früh zu Beobachtungen über die Witterung veranlaßt und lernte regelmäßig auf die Änderungen des Barometerstandes achten. Bereits auf der ersten Schweizerreise und auf der italienischen Reise machte er Notizen über Wind und Wolkenformen. Es blieben aber alle diese Beobachtungen nur vereinzelt, weil es ihm zunächst nicht möglich war, in die schier unendliche Fülle der wechselnden Erscheinungen, wie sie besonders die Wolkenbildung zeigte, irgend welche Regelmäßigkeit zu bringen.

Da wurde die Terminologie der Wolkenform, welche Luke Howard 1803 veröffentlichte und die 1815 zu Goethes Kenntnis kam, für ihn der Ausgangspunkt zu neuen Untersuchungen. Er ergriff diese Einteilung „mit Freuden, weil sie ihm einen Faden darreichte, den er bisher vermißt hatte“. Jetzt konnte er seine Beobachtungen über Wolkenform und Bewölkung in ein festes Schema bringen und so wissenschaftlicher Bearbeitung zugänglich machen. Er gewöhnt sich, „die Bezüge der atmosphärischen und irdischen Erscheinungen mit Barometer und Thermometer in Einklang zu setzen“. Die Howardschen Wolkenbezeichnungen Stratus, Cumulus, Cirrus und Nimbus, von Goethe noch durch die der Wolkenwand Paries vermehrt, werden auch heute noch in der Meteorologie verwendet. Goethe schreibt schon 1817 einen Aufsatz „Wolkengestaltungen nach Howard“ und macht bei seinen Reisen in die böhmischen Bäder 1820—23 genaue tagebuchartige Aufzeichnungen über Wolken und Wetter. Durch die einfache Howardsche Nomenklatur war ihm plötzlich die Möglichkeit geworden, sich in den Wirrsalen der atmosphärischen Erscheinungen zurecht zu finden, daher auch seine große Verehrung für den englischen Forscher:

„Dich im Unendlichen zu finden,
Mußt unterscheiden und dann verbinden;
Drum danket mein beflügelt Lied
Dem Manne, der Wolken unterschied.“

Zu Howards Ehre und zur Erläuterung seiner Lehre schreibt er das schöne Gedicht „Howards Ehrengedächtnis“ und läßt sich von ihm eine Autobiographie schicken, der Howard 1822 sein Werk „Das Klima von London“ folgen ließ.

Schon 1822 sind Goethes Beobachtungen und Überlegungen so weit gediehen, daß er einen Aufsatz „Über die Ursachen der Barometerschwankungen“ schreibt und 1825 den „Versuch einer Witterungslehre“ verfaßt. Er geht dabei von der Tatsache aus, daß das Barometer an verschiedenen Orten im Laufe eines Monats völlig gleichartige Schwankungen ausführt. Vom Meer bis zur Höhe von 2000 Fuß, von Boston bis Karlsruhe, von London bis Wien hatten z. B. im Dezember 1822, wie eine graphische Aufzeichnung des Jenenser meteorologischen Beobachters Schrön zeigte, die Kurven der Barometerschwankungen völlig parallelen Verlauf. Daraus folgerte Goethe, daß die Ursache der Barometerschwankungen nicht in irgend welchen lokalen Veränderungen gesucht werden dürfte, und er macht weiter energisch Front gegen die damals verbreitete Lehre, daß der Mond oder die Planeten die Barometerschwankungen nach Art einer Ebbe und Flut der Atmosphäre verursachen könnten. So kam er dazu, die periodischen Änderungen des Luftdrucks, wie sie das Barometer anzeigt, auf eine periodische Veränderung der Schwerkraft zurück-

zuführen. Die Erde sollte ihren Dunstkreis zeitweise mehr und zeitweise weniger anziehen. Diese Hypothese, welche er schon 1816 in der italienischen Reise angedeutet hatte, versuchte er des weiteren auszuführen und zu begründen, war sich allerdings völlig darüber klar, daß es eben nur eine Hypothese war. „Ob ich gleich mir nicht einbilde, daß hiermit alles gefunden und abgetan sei, so bin ich doch überzeugt: wenn man auf diesem Wege die Forschungen fortsetzt und die sich hervortuenden näheren Bedingungen und Bestimmungen genau beachtet, so wird man auf etwas kommen, was ich selbst weder denke noch denken kann, was aber sowohl die Auflösung dieses Problems als mehrerer verwandter mit sich führen wird.“ Goethe hat mit dieser Prophezeiung recht behalten. Seine Hypothese hat sich als unrichtig erwiesen, weil das Beobachtungsmaterial, auf dem er fußte, noch zu klein war. Ausgedehnte Untersuchungen haben gezeigt, daß die Barometerschwankungen auf der ganzen Erde durchaus nicht immer gleichsinnig verlaufen. Aber die von Goethe angestrebte und veranlaßte Reihe fortgesetzter meteorologischer Beobachtungen hat tatsächlich im Laufe der Zeit zur Aufklärung der schwierigen Witterungsprobleme geführt.

Goethe beobachtet weiterhin den Zusammenhang zwischen Barometerstand und Wolkenbildung, macht auf den Einfluß der Gebirge auf die Wolken-

bildung aufmerksam, erörtert den Zusammenhang der Windrichtungen mit dem Barometerstand und findet, daß zwischen den Schwankungen des Thermometers und des Barometers keine direkte Abhängigkeit bestehen könne. Er sammelt zahlreiche Einzelbeobachtungen über seltenere atmospärische Erscheinungen, Nordlicht, Nebensonnen usw. und sieht die Atmosphäre als in mehrere aufeinander folgende Schichten gegliedert an, in denen gleichzeitig verschiedene Witterungsphänomene eintreten können.

So gewinnt Goethe eine genaue Kenntnis der Vorgänge, die sich im Luftmeer abspielen, und sucht, wenn auch ohne großen tatsächlichen Erfolg, in die Gesetzmäßigkeit dieser Phänomene einzudringen. Sehr viel größere Bedeutung als seine theoretischen Studien zur Meteorologie besitzen seine praktischen Anregungen. Ihm ist vor allem die Gründung zahlreicher meteorologischer Stationen, zunächst im Herzogtum Weimar, dann auch im weiteren Deutschland zuzuschreiben. Er selbst arbeitet mit Hilfe der Jenenser Meteorologen 1817 eine ganz genaue Instruktion für die Beobachter auf den verschiedenen Stationen aus, welche durch Zweckmäßigkeit und Übersichtlichkeit noch heute Bewunderung verdient, und sorgt dafür, daß das Material wissenschaftlich verarbeitet wird. Er dringt darauf, daß das Netz der meteorologischen Stationen bis auf die höchsten

Berge ausgedehnt wird, verschafft sich Beobachtungen vom großen St. Bernhardt, regt an, daß auch auf der Höhe des Meeres solche Untersuchungen angestellt werden. Die Gründung der meteorologischen Station auf der Schneekoppe ist ebenfalls auf seine Anregung zurückzuführen. So legte er den Grund für das dichte Netz von Beobachtungsstationen, die heute alle zivilisierten Länder überziehen, und wenn uns heute der Telegraph von diesen Stationen relativ zuverlässige Wetterprognosen übermittelt und wenn wir heute über die Ursache der Winde, über die Gesetze der Barometerschwankungen besser unterrichtet sind als vor hundert Jahren, so haben dazu nicht zum kleinsten Teil die praktischen Anregungen beigetragen, die Goethe zur Beförderung meteorologischer Untersuchungen gegeben hat.

Zehnte Vorlesung.

Goethe als Naturforscher.

Meine Herren! Wir haben in den vorhergehenden Vorlesungen den Inhalt und die Bedeutung von Goethes wissenschaftlichen Studien auf den verschiedensten Gebieten kennen gelernt, und es erübrigt noch zum Schluß zusammenfassend zu erörtern, welches seine naturwissenschaftliche Arbeitsweise im allgemeinen gewesen ist, wie er über die Möglichkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnis gedacht hat, welche Bedeutung seine Forschungen für die Beurteilung seiner Persönlichkeit besitzen und wie Dichter und Naturforscher sich bei ihm ständig durchdringen. Die Lösung dieser Aufgabe wird dadurch erleichtert, daß wir außerordentlich zahlreiche Zeugnisse in Goethes Werken besitzen, aus denen hervorgeht, wie er selbst über diese Fragen gedacht hat. Wir sind ja kaum über das Leben und Denken eines andern Menschen so eingehend unterrichtet, weil wohl niemand alles, was er dachte und was ihn beschäftigte, so klar formuliert und aufgezeichnet hat wie er.

Nach Besprechung von Goethes botanischen und zoologischen Werken haben wir schon kurz über seine Forschungsmethode in diesen Wissenszweigen gesprochen, und Sie werden sich erinnern, daß er stets in der Weise vorging, daß er aus den Einzelerscheinungen, wie die Natur sie ihm darbot, sich eine kontinuierliche Reihe herstellte, welche vom einfachsten zum kompliziertesten fortschritt. Die Anwendung dieses Verfahrens beruht auf dem Prinzip der Stetigkeit, das Goethe auf allen Gebieten der Naturwissenschaft anwendbar findet. Die Natur macht keine Sprünge, überall finden sich Übergänge, und so ist eine Ordnung der Naturphänomene möglich. Ist die kontinuierliche Reihe gebildet, dann kann man ihre einzelnen Glieder miteinander vergleichen und auf diese Weise das allen Formen Gemeinsame, das Gesetzliche feststellen. So gelangte Goethe in der Botanik zur Urpflanze, in der vergleichenden Anatomie zum Typus.

Das prinzipiell gleiche Verfahren verwendet er bei dem Studium der anorganischen Naturerscheinungen; aber hier wird die Beobachtung der Phänomene unterstützt und ergänzt durch willkürlich vom Forscher angestellte Versuche. Wieder und wieder betont nun Goethe, daß ein Phänomen allein, ein Versuch für sich nichts beweisen kann. „Es ist das Glied einer großen Kette, das erst im Zusammenhange gilt. Wer eine Perlenschnur verdecken und

nur die schönste einzeln vorzeigen wollte, verlangend, wir sollten ihm glauben, die übrigen seien alle so, schwerlich würde sich jemand auf den Handel einlassen.“ Auch hier also muß aus den Beobachtungen die kontinuierliche Reihe gebildet werden. „Ein Versuch erhält doch nur seinen Wert durch Vereinigung und Verbindung mit andern.“ Bei dieser Ordnung der Versuche kommt aber natürlich ein willkürliches Element in die Wissenschaft hinein. Die Verknüpfung der Phänomene in der richtigen Weise vorzunehmen, ist eine schwierige Aufgabe des Naturforschers. Besonders ist aber davor zu warnen, eine zu kleine Anzahl von Beobachtungen den wissenschaftlichen Schlüssen zugrunde zu legen. Es entstehen dann Theorien, die zu eng begrenzt sind und nach einiger Zeit ein ernstes Hindernis für den Fortschritt werden. Man muß also stets bei der Untersuchung eines Phänomens alle Nachbarerscheinungen mit erforschen und jeden Versuch ins Endlose vermannigfaltigen, wie das Goethe selbst in der Farbenlehre getan hat. Die so gewonnene Erfahrung ist dann höherer Art und die Sätze, die sich daraus ergeben, lassen sich zu höherer Erkenntnis verknüpfen. Goethe geht also stets von möglichst vermannigfaltigten Versuchen zur Erfahrung über. Dagegen ist seiner Meinung nach nichts gefährlicher, als den umgekehrten Weg einzuschlagen und irgend einen vorher aufgestellten wissenschaft-

lichen Satz unmittelbar durch Versuche beweisen zu wollen. Dadurch, daß ein Versuch mit einer vorgefaßten Hypothese stimmt, wird keineswegs bewiesen, daß dieselbe auch richtig sei.

Man muß also zuerst die Konsequenz und Konstanz der Phänomene in möglichst vielen Fällen beobachten, dann kann man diese Ergebnisse vorläufig zu einem empirischen Gesetz zusammenfassen. Dieses muß dann aber in der Erfahrung an einer ganzen Reihe von andern Versuchen geprüft, eventuell berichtigt und erweitert werden. Nur so ist die größtmögliche Annäherung des menschlichen Geistes an die Gegenstände zu erreichen. „Kein Phänomen erklärt sich an und aus sich selbst; nur viele zusammen überschaut, methodisch geordnet, geben zuletzt etwas, was für Theorie gelten könnte."

Die schwierigste Frage aber ist die, welches Phänomen an den Anfang der kontinuierlichen Reihe gestellt werden soll. Goethe bezeichnet diejenigen einfachsten Fälle, welche eine Erscheinung in möglichst klarer Weise zeigen und von denen sich alle übrigen Phänomene ableiten lassen, als Urphänomen. „Wer nicht gewahr werden kann, daß ein Fall oft Tausende wert ist, und sie alle in sich schließt, wer das nicht zu fassen und zu ehren imstande ist, was wir Urphänomen genannt haben, der wird weder sich noch andern jemals etwas zur Freude und zum Nutzen fördern können." Für die

Farbenlehre war ihm ein solches Urphänomen die Farbenerscheinung der trüben Mittel, und der physikalische Teil seiner Optik stellt den konsequenten Versuch dar, alle Farben von diesem einen Urphänomen abzuleiten. Nichts in der Erscheinung liegt über den Urphänomenen, „sie dagegen sind völlig geeignet, daß man stufenweise .... von ihnen herab bis zum gemeinsten Falle der täglichen Erfahrung niedersteigen kann“. Für Goethe ist die Aufgabe der Naturforschung mit der Auffindung der Urphänomene im wesentlichen erschöpft. Er macht nicht den Versuch, diese selbst wieder erklären zu wollen. Den Grund hierfür gibt er selber an. Man soll nicht „hinter ihnen und über ihnen noch etwas Weiteres aufsuchen, da wir doch hier die Grenze des Schauens eingestehen sollten“. Es sind also die Urphänomene das letzte unmittelbar Anschauliche, zu dem wir gelangen können, und die Naturforschung soll sich streng in den Grenzen des Anschaulichen halten. Wir sehen hier wieder, wie sehr Goethe ein Mann des Auges gewesen ist und wie für ihn Anschaulichkeit die erste Voraussetzung jeder Naturkenntnis war. Er sucht die Phänomene „bis zu ihren Quellen zu verfolgen, bis dorthin, wo sie bloß erscheinen und sind, und wo sich nichts weiter an ihnen erklären läßt“. „Man suche nur nichts hinter den Phänomenen, sie selbst sind die Lehre.“ Goethe sieht also die Aufgabe der Naturforschung

nur darin, eine möglichst vollständige und einfache Beschreibung der Naturvorgänge zu geben, und berührt sich in dieser Forderung aufs engste mit einem der hervorragendsten theoretischen Physiker des verflossenen Jahrhunderts, mit Alfred Kirchhoff. Dieser stellte als Aufgabe der Mechanik hin, die Naturvorgänge vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben. Der Unterschied liegt nur darin, daß der theoretische Physiker zur Beschreibung das Unanschaulichste, die mathematische Formel, benutzt, während für Goethe die unmittelbare Anschaulichkeit notwendige Voraussetzung jeder Naturerkenntnis gewesen ist. Er frägt also bei seinen Forschungen nicht nach den Ursachen der Phänomene, sondern er will nur ihre Bedingungen untersuchen, nur feststellen, welche Vorgänge in der Natur notwendigerweise zum Zustandekommen einer bestimmten Erscheinung erforderlich sind. Sehr gut läßt sich Goethes Ansicht aus einer Stelle der Farbenlehre erkennen, die sich gegen Newton richtet. „Die Phänomene lassen sich sehr genau beobachten, die Versuche lassen sich reinlich anstellen, man kann Erfahrungen und Versuche in einer gewissen Ordnung aufführen, man kann eine Erscheinung aus der andern ableiten, man kann einen gewissen Kreis des Wissens darstellen, man kann seine Anschauungen zur Gewißheit und Vollständigkeit erheben, und das, dächte ich, wäre schon genug. Folgerungen hin-

gegen zieht jeder für sich daraus, beweisen läßt sich nichts dadurch, besonders keine Ibilitäten und Keiten. Alles, was Meinungen über die Dinge sind, gehört dem Individuum an, und wir wissen nur zu sehr, daß die Überzeugung nicht von der Einsicht, sondern von dem Willen abhängt, daß niemand etwas begreift, als was ihm gemäß ist und was er deswegen zugeben mag. Im Wissen wie im Handeln entscheidet das Vorurteil alles, ... es ist ein freudiger Trieb unseres lebendigen Wesens nach dem Wahren wie nach dem Falschen, nach allem, was wir mit uns im Einklang fühlen." Hier wird scharf zwischen der eigentlichen Beobachtung, die uns Sicherheit gibt, und allen daraus gezogenen theoretischen Folgerungen, welche immer nur subjektive Bedeutung besitzen, unterschieden, denn: „beim Übergang von der Erfahrung zum Urteil gerät der Forscher in die größte Gefahr des Irrtums." Aus diesem Grunde ist die naturwissenschaftliche Weltanschauung jedes einzelnen Forschers etwas, worüber sich gar nicht streiten läßt, da sie von dessen Persönlichkeit abhängt. „Was bleibt dem Naturforschenden, ja einem jeden Betrachtenden endlich übrig, als die Erscheinungen der Außenwelt mit sich in Harmonie zu setzen. Und werden wir nicht alle jeden Tag überzeugt, daß dasjenige, was dem einen Menschen gemäß und angenehm ist, dem andern widerwärtig und unlustig erscheine." Dieses

subjektive Moment muß aber jeder einzelne nach Möglichkeit auszuschalten suchen, indem er bei der Naturforschung völlig im Rahmen des Anschaulichen bleibt.

Goethe steht also der Natur durchaus als ein Fragender gegenüber. Seine „Anfragen an die Natur" sind die Versuche. Der Versuch wird als Vermittler zwischen Objekt und Subjekt, zwischen Naturforscher und Außenwelt betrachtet. „Diese Vorstellungsart", schreibt er in den Annalen, „wurde nun auf die ganze Physik angewendet; das Subjekt in genauer Erwägung seiner auffassenden und erkennenden Organe, das Objekt als ein allenfalls erkennbares gegenüber, die Erscheinung durch Versuche wiederholt und vermannigfaltigt in der Mitte, wodurch eine ganz eigene Art von Forschung bereitet wurde."

Wenn Goethe so alles Theoretisieren verwirft, so ist die Beantwortung der Frage, woran wir denn eigentlich ein Urphänomen als solches erkennen sollen, eine schwierige. Für ihn ist es die Aufgabe des Genies, welches auf den ersten Blick wahrnimmt, daß hier die Wurzel der Erscheinungen vorliegt. „Alles kommt in der Wissenschaft auf das an, was man ein Aperçu nennt, auf ein Gewahrwerden dessen, was eigentlich den Erscheinungen zum Grunde liegt, und ein solches Gewahrwerden ist ins Unendliche fruchtbar." Wer nicht an der

richtigen Stelle zu erstaunen imstande ist, dem fehlt das Zeug zum Naturforscher. „Alles, was wir Erfinden, Entdecken im höheren Sinne nennen, ist die bedeutende Ausübung, Betätigung eines originellen Wahrheitsgefühles, das, im Stillen längst ausgebildet, unversehens mit Blitzesschnelle zu einer fruchtbaren Erkenntnis führt. Es ist eine aus dem Innern am Äußern sich entwickelnde Offenbarung, die den Menschen seine Gottähnlichkeit vorahnen läßt."

Ist das Urphänomen gefunden, so lassen sich alle andern Phänomene von ihm aus zur kontinuierlichen Reihe ordnen. Man soll sich aber hüten, die Erscheinungen nach Kausalitätsgesetzen verknüpfen zu wollen, denn das ist schon willkürliches Theoretisieren. Immer und immer wieder wird vor dem voreiligen Aufstellen von Theorien gewarnt. „Theorien sind gewöhnlich Übereilungen eines ungeduldigen Verstandes, der an die Stelle des Phänomens Bilder, Begriffe, ja oft nur Worte einschiebt." „Das bloße Anblicken einer Sache kann uns nicht fördern. Jedes Ansehen geht über in ein Betrachten, jedes Betrachten in ein Sinnen, jedes Sinnen in ein Verknüpfen, und so kann man sagen, daß wir schon bei jedem aufmerksamen Blick in die Welt theoretisieren. Dieses aber mit Bewußtsein, mit Selbstkenntnis, mit Freiheit und, um uns eines gewagten Wortes zu bedienen, mit Ironie zu tun und vorzunehmen, eine solche Gewandtheit ist nötig, wenn die Abstraktion, vor der

wir uns fürchten, unschädlich und das Erfahrungsresultat, das wir hoffen, recht lebendig und nützlich werden soll."

Goethe ist sich natürlich vollständig darüber im Klaren, daß man, um überhaupt Versuche anstellen zu können, Hypothesen braucht. Er will sie aber nur als Arbeitshypothesen gelten lassen, als bequeme Bilder, um sich die Vorstellung des Ganzen zu erleichtern. Die Aufstellung der Hypothesen bildet gar nicht den naturwissenschaftlichen Teil der Forschung, sondern den philosophischen. Die Physik hört beim Urphänomen auf, der Philosoph fängt bei ihm an. Haben die Hypothesen aber ihre Aufgabe erfüllt, zu Versuchen von großer Anschaulichkeit und Klarheit geführt zu haben, so soll man sie verlassen. „Hypothesen sind Gerüste, die man vor dem Gebäude aufführt, und die man abträgt, wenn das Gebäude fertig ist. Sie sind dem Arbeiter unentbehrlich, nur muß er das Gerüst nicht für das Gebäude ansehen." So wird es verständlich, wenn Goethe in der Farbenlehre alle Hypothesen über die Natur des Lichtes vermeidet, in der Geologie aber hypothetische Annahmen für unvermeidlich hält.

Goethe hat einmal die verschiedenen Arten der Naturbetrachtung in übersichtlicher Weise eingeteilt. Die tiefste Stufe sind die Nutzenden, die Nutzen-Suchenden, die das, was die Natur bietet, für ihre praktischen Zwecke verwenden; die zweite Stufe

bilden die Wißbegierigen, die nur das wissenschaftlich verarbeiten, was sie vorfinden; zu der dritten Stufe, den Anschauenden, rechnet sich Goethe selbst: sie suchen die Imagination nach Möglichkeit zu vermeiden und führen alles auf Anschaulichkeit zurück; die vierte Gruppe, die Umfassenden, schlagen den umgekehrten Weg ein, sie gehen von Ideen aus und suchen deren Verwirklichung in der Natur. Hier geht der Verstand, nach Kants Darlegung, „von der Anschauung eines Ganzen als eines solchen, zum Besonderen, das ist, von dem Ganzen zu den Teilen.“ Auch diesen letzteren Weg sucht Goethe vielfach zu beschreiten, wenn er vom Typischen (z. B. in Botanik und vergleichender Anatomie) zum Einzelfalle vordringt und sich so „durch das Anschauen einer immer schaffenden Natur zur geistigen Teilnahme an ihren Produktionen würdig macht.“

Bei der umfassenden Betrachtung aller Gebiete der Naturwissenschaft, wie sie Goethe während seines langen arbeitsreichen Lebens vorgenommen hat, war es natürlich, daß er schließlich zu einigen wenigen ganz durchgreifenden Verallgemeinerungen gelangen mußte, auf die sich alle Naturvorgänge zurückführen lassen. Wohl alle großen Naturforscher stellen derartige allgemeinste Prinzipien auf. Für Goethe waren die zwei großen Triebräder der Natur der Begriff von Polarität und von Steigerung.

Wenn wir uns kurz klar machen wollen, was er darunter verstanden hat, so gehen wir von dem zweiten Begriff, dem Prinzip der Steigerung, aus. Goethe ordnete, wie wir wissen, alle Naturphänomene, die ihm bei seiner Forschung entgegentraten, in eine kontinuierliche Reihe, die vom einfachsten bis zum kompliziertesten aufstieg und deren einzelne Glieder durch fließende Übergänge verbunden waren. So verfuhr er in der Botanik und vergleichenden Anatomie, so auch in der Farbenlehre. Auf diese Weise ergab sich für ihn ein Bild des Naturganzen, das sich in aufsteigender Linie entwickelte, wobei wir uns erinnern müssen', daß diese Entwicklung nicht im Darwinschen Sinne zu nehmen ist, sondern vielmehr so verstanden werden muß, daß sich die Natur als eine solche kontinuierlich aufsteigende Reihe darstellen läßt. Diese Reihe ist für Goethe der Ausdruck der Steigerung. Aus den einfachsten Phänomenen werden durch Steigerung die komplizierteren und zusammengesetzten abgeleitet. Sie knüpft an die Urphänomene an und führt so schließlich zu den verwickelten Erscheinungen der täglichen Erfahrung.

Das Prinzip der Steigerung hat Goethe schon relativ früh bei seinen botanischen und vergleichend anatomischen Studien im Ausgang der achziger Jahre gewonnen. Später erst hat sich dazu der Begriff der Polarität gesellt, den er durch die Beschäftigung

mit der Physik gewann und im Anschluß an diese Studien in allgemeinster Weise angewendet hat.

Der Begriff der Polarität knüpft sich an die Lehre vom Magnetismus an. In ein und demselben Eisenstück finden sich vereinigt und doch getrennt die beiden Pole als Gegensatz, die sich anzuziehen streben. Dieses Phänomen dient nun Goethe zur Veranschaulichung eines allgemeinen Naturprinzips: „Der Magnet ist ein Urphänomen, das man nur aussprechen darf, um es erklärt zu haben: dadurch wird es denn auch ein Symbol für alles übrige, wofür wir keine Worte noch Namen zu suchen brauchen.“ Zunächst findet sich das gleiche in der Elektrizitätslehre. Die positive und negative Elektrizität, ihr Anziehen und Abstoßen „zusammen deutet auf eine Scheidung, auf ein Entzweien, das wie beim Magnet sein Entgegengesetztes, seine Totalität, sein Ganzes wieder sucht.“ In der Chemie findet Goethe die polaren Gegensätze in der Oxydation und Desoxydation, in der Optik ist es der Gegensatz von Licht und Finsternis, deren Vereinigung die Farben erzeugt. Bei letzteren findet er die Polarität in dem Gegensatz von Gelb und Blau, dem trüben Medium vor hellem und vor dunklem Grund; aus beiden leitet er wie wir wissen durch Steigerung Rot und Violett ab, und durch Verknüpfung entstehen Grün und Purpur. So ergibt sich durch Vereinigung der polaren Gegensätze

schließlich die Totalität des ganzen Farbenkreises. Ähnliche Betrachtungen werden nun für alle Naturgebiete angestellt. „Treue Beobachter der Natur, wenn sie auch sonst noch so verschieden denken, werden doch darin übereinkommen, daß alles, was erscheinen, was uns als Phänomen begegnen solle, müsse entweder eine ursprüngliche Entzweiung, die einer Vereinigung fähig ist, oder eine ursprüngliche Einheit, die zur Entzweiung gelangen könne, andeuten und sich auf eine solche Weise darstellen. Das Geeinte zu entzweien, das Entzweite zu einigen ist das Leben der Natur; dies ist die ewige Systole und Diastole, die ewige Synkrisis und Diakrisis, das Ein- und Ausatmen der Welt, in der wir leben, weben und sind." Wir besitzen von seiner Hand eine kurze Aufzeichnung, wie weit er den Begriff der Polarität auf Körperliches und besonders auf Geistiges ausdehnen wollte. Er verzeichnet hier die Antithesen: „Wir und die Gegenstände, Licht und Finsternis, Leib und Seele, zwei Seelen, Geist und Materie, Gott und die Welt, Gedanke und Ausdehnung, Ideales und Reales, Sinnlichkeit und Vernunft, Phantasie und Verstand, Sein und Sehnsucht, — zwei Körperhälften, Rechts und Links, Atemholen, Physische Erfahrung: Magnet." So leitet sich von dem einfachen Phänomen des Magneten für Goethe jeder Zwiespalt ab, den er in der Natur findet:

„Magnets Geheimnis, erkläre mir das!
Kein größres Geheimnis als Liebe und Haß“.

Das sind die beiden letzten Verallgemeinerungen, zu denen Goethe bei seiner Naturbetrachtung gelangt ist, einfachste Sätze, die er auf allen Naturgebieten bestätigt fand. Aber auch hier handelt es sich bei ihm nicht um Abstraktes. Dadurch, daß er den Begriff der Polarität vom Magnet als einem Urphänomen ableitet, gewinnt er auch für diese allgemeinen Gesichtspunkte eine Anschaulichkeit.

Das durchgehende Streben Goethes, alle Naturforschung ganz rein auf Anschaulichkeit zu gründen, bestimmt auch sein Verhältnis zu zwei Nachbargebieten der Naturwissenschaft, zur Mathematik und zur Philosophie. Die mathematische Betrachtungsweise besonders der Physik, welche die Naturvorgänge mit Hilfe einfacher Formeln darstellen will, um zu rechnerischen Ergebnissen zu gelangen, sucht sich nach Möglichkeit von jeder Anschaulichkeit zu entfernen. Sie schlägt also gerade den umgekehrten Weg ein wie Goethe. Daher dessen oft scharfe Stellungnahme gegen die mathematische Behandlung der Physik. Er sieht in der Mathematik nur ein Verfahren, um mit komplizierten Mitteln einfache Zwecke zu erreichen. Dabei verführt sie nach seiner Meinung zur Unredlichkeit, weil sie eine scheinbare Sicherheit der Ergebnisse vortäuscht. In den mathematischen Resultaten steckt nämlich

schließlich nicht mehr drin als schon in den ersten Propositionen, von denen die Rechnung ausging. Das Resultat kann also auch nicht mehr lehren als die ursprünglichen Propositionen. Die Fehlerquelle liegt in diesen letzteren. Die Naturvorgänge sind oft so kompliziert, daß sie sich durch eine einfache mathematische Formel nicht vollständig darstellen lassen, und besonders Newtons Optik ist für Goethe ein trauriges Beispiel, wie durch mathematische Behandlung die Naturwissenschaft verwirrt worden ist. Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert hat Goethe unrecht gegeben. Der Anwendung mathematischer Berechnungen verdanken wir die wichtigen Fortschritte der Erkenntnis und der Technik, die unser ganzes äußeres Leben umgestaltet haben. Dagegen gilt in vielen Zweigen der Physiologie auch heute noch Goethes Lehre. Die Lebensvorgänge sind tatsächlich meist so verwickelt, daß sie sich vielfach noch nicht in mathematischen Formeln haben darstellen lassen. Hier ist die Unsicherheit bei der Aufstellung der ersten Propositionen noch so groß, daß auch die Resultate vielfach noch wenig Vertrauen finden.

Es ist Goethe von den zeitgenössischen Physikern oft zum Vorwurf gemacht worden, daß seine Farbenlehre der mathematischen Behandlung entbehre, und es wurde ihm von Freunden nahegelegt, sie noch nachträglich durchführen zu lassen. Er aber ärgerte sich nur, daß die Mathematiker dünkel-

haft alles für nichtig und unexakt erklären, was sich nicht dem Kalkül unterwerfen läßt. Für ihn war nicht die Rechnung, sondern die Anschaulichkeit höchstes Ziel der Naturforschung, und deshalb war es seiner Meinung nach „die große Aufgabe, die mathematisch-philosophischen Theorien aus den Teilen der Physik zu verbannen, in welchen sie Erkenntnis, anstatt sie zu fördern, nur verhindern, und in welchen die mathematische Behandlung durch die Einseitigkeit der Entwicklung der neueren wissenschaftlichen Bildung eine so verkehrte Anwendung gefunden hat.“ „Als getrennt muß sich darstellen: Physik von Mathematik. Jene muß in einer entschiedenen Unabhängigkeit bestehen und mit allen liebenden, verehrenden, frommen Kräften in die Natur und das heilige Leben derselben einzudringen suchen, ganz unbekümmert, was die Mathematik von ihrer Seite leistet und tut. Diese muß sich dagegen unabhängig von allem Äußeren erklären, ihren eigenen großen Geistesgang gehen und sich selber reiner ausbilden als es geschehen kann, wenn sie, wie bisher, sich mit dem Vorhandenen abgibt und diesem etwas abzugewinnen oder anzupassen trachtet.“ Vor der reinen Mathematik hatte Goethe stets die höchste Achtung und war daher auch ein warmer Verehrer eines der größten Mathematikers seiner Zeit, Laganges. Nur gegen die Anwendung der Mathematik auf physikalische Probleme glaubte er an-

kämpfen zu müssen. „Die Farbenlehre besonders hat sehr viel gelitten und ihre Fortschritte sind äußerst gehindert worden.“ „Die Mathematiker sind Franzosen: redet man zu ihnen, so übersetzen sie es in ihre Sprache und dann ist es alsbald etwas ganz anderes.“ Poetischen Ausdruck hat Goethe diesem Standpunkt in dem launigen Gedichte: „Katzenpastete“ verliehen, von dem hier nur die beiden ersten Strophen Platz finden mögen:

„Bewährt den Forscher der Natur
„Ein frei und ruhig Schauen,
„So folge Meßkunst seiner Spur,
„Mit Vorsicht und Vertrauen.

„Zwar mag bei einem Menschenkind
„Sich beides auch vereinen,
„Doch daß es zwei Gewerbe sind,
„Das läßt sich nicht verneinen.“

Auch Goethes Stellung zur Philosophie läßt sich daraus am leichtesten verstehen, daß für ihn stets die Anschaulichkeit das letzte und höchste Ziel gewesen ist. „Für Philosophie im eigentlichsten Sinne hatte ich kein Organ.“ Als junger Mensch hatte er wesentlich die philosophischen Lehren Giordano Brunos und Spinozas in sich aufgenommen, welche die Alleinheit der Natur lehren und einen Pantheismus, eine Allbeseelung der Natur predigen. Diese Auffassung war Goethes Wesen am gemäßesten; daher hat er das Selbst und die Außenwelt auch bei der Naturbetrachtung nie scharf gesondert und

mit Naivität geglaubt, er „sehe seine Meinungen vor Augen.“ Er war so von der Realität seiner Wahrnehmungen überzeugt, daß ihn erst Schiller in dem ersten Gespräch über die Pflanzenmetamorphose aus seinem unkritischen Schlummer erwecken mußte. Er hatte Kants „Kritik der reinen Vernunft“ und „Kritik der Urteilskraft“ schon 1788 und 1790 studiert, wurde aber erst durch Schiller nachdrücklicher auf sie hingewiesen. Er machte sich nun sorgfältige Auszüge, beschäftigte sich in seinen Gedanken vielfach mit diesen Fragen und es gingen ihm dabei die neuen Probleme, wie überhaupt unsere Erfahrung und Erkenntnis von der Außenwelt zustande kommt, allerdings auf. Er stand aber, als er mit Kants Lehre bekannt wurde, schon in den vierziger Jahren. Die Grundlinien seiner Denkweise waren also bereits unverrücklich festgelegt. So hat er wohl die Fragen der Erkenntniskritik in seinem Geiste aufgeworfen und diskutiert, sie aber nicht mehr zur Grundlage seines Denkens gemacht. Die Farbenlehre ist ein Zeugnis dafür, daß er auch nach dem Studium Kants zwischen seinen Sinnesempfindungen und den diese Empfindung auslösenden Reizen nicht scharf unterschied, sondern fließende Übergänge zwischen beiden aufstellen wollte. Erst durch Schopenhauer ist, wie wir wissen, die Kantische Lehre für die Farbenlehre nutzbar gemacht worden. Wir finden viel-

fache Erörterungen zur Erkenntnistheorie bei Goethe. „Bei Betrachtung der Natur im Großen wie im Kleinen habe ich unausgesetzt die Frage gestellt: Ist es der Gegenstand oder bist Du es, der sich hier ausspricht?“ „Die Erscheinung ist vom Beobachter nicht losgelöst, vielmehr in die Individualität desselben verschlungen und verwickelt.“ „Wir können eine organische Natur nicht lange als Einheit betrachten, wir können uns selbst nicht lange als Einheit denken, so finden wir uns zu zwei Ansichten genötigt, und wir betrachten uns einmal als ein Wesen, das in die Sinne fällt, ein andermal als ein anderes, das nur durch den inneren Sinn erkannt oder durch seine Wirkung bemerkt werden kann. — Die Zoonomie zerfällt daher in zwei nicht leicht voneinander zu trennende Teile, nämlich in die körperliche und in die geistige. Beide können zwar nicht voneinander getrennt werden, aber der Bearbeiter dieses Faches kann von der einen oder der andern Seite ausgehen und so einer oder der andern das Übergewicht verschaffen.“ Diese Kantischen Probleme sind aber für ihn stets nur Probleme geblieben. Bei seinem Streben nach unmittelbarster Anschaulichkeit setzte er doch immer wieder seine Sinnesempfindung als unmittelbare Wirklichkeit voraus.

Ebensowenig hat ihn bis in sein spätestes Alter sein pantheistischer Glaube verlassen. „Wir können

bei Betrachtung des Weltgebäudes in seiner weitesten Ausdehnung, in seiner letzten Teilbarkeit, uns der Vorstellung nicht erwehren, daß dem Ganzen eine Idee zum Grunde liege, wonach Gott in der Natur, die Natur in Gott, von Ewigkeit zu Ewigkeit schaffen und wirken möge." Dieser Allbeseelung der gesamten Natur entnahm Goethe die Aufforderung, in der Natur nach den Ideen zu suchen, die all dem Naturgeschehen zugrunde liegen, nach denen die Natur bei Ausbildung anorganischen und organischen Wesens zu Werke geht. Die Wirksamkeit dieser Ideen setzt der Naturforscher Goethe voraus; die Harmonie des Naturganzen ist ihr Ausdruck.

„Was wär' ein Gott, der nur von außen stieße,
„Im Kreis das All am Finger laufen ließe.
„Ihm ziemt's, die Welt im Innern zu bewegen,
„Natur in Sich, Sich in Natur zu hegen,
„So daß, was in Ihm lebt und webt und ist,
„Nie Seine Kraft, nie Seinen Geist vermißt."

Auf diese Weise glaubt Goethe durch die Naturforschung in das Innerste der Natur einzudringen. Für ihn ist der Spruch Albrecht von Hallers ein Greuel, des Physiologen, der an der Kompliziertheit der Lebenserscheinungen verzweifelnd ausgerufen hatte:

„Ins Innere der Natur dringt kein erschaffener Geist,
„Glückselig, wem sie nur die äußere Schale weist."

Diese Resignation wird von Goethe aufs schärfste zurückgewiesen.

„Ins Innere der Natur“ —
O du Philister! —
„Dringt kein erschaffner Geist.“
Mich und Geschwister
Mögt ihr an solches Wort
Nur nicht erinnern:
Wir denken: Ort für Ort
Sind wir im Innern.
„Glückselig! wem sie nur
Die äußre Schale weist.“
Das hör' ich sechzig Jahre wiederholen,
Ich fluche drauf, aber verstohlen;
Sage mir tausend tausendmale:
Alles giebt sie reichlich und gern;
Natur hat weder Kern
Noch Schale,
Alles ist sie mit einemmale;
Dich prüfe du nur allermeist,
Ob du Kern oder Schale seist.“

Da Goethe auf der einen Seite sich die Natur forschend anschaulich zu machen strebte, auf der andern aber in der Natur wirkende (göttliche) Ideen annahm, so mußte sich ihm die Frage erheben, mit der sich jeder Naturforscher einmal auseinandersetzen muß, ob denn die Natur überhaupt begreiflich sei, ob wir annehmen dürfen, durch Naturforschung in das Wesen der Außenwelt vollständig eindringen zu können. Schon Kant hatte diese Frage aufgeworfen und dahin beantwortet, daß die Wissenschaft, deren Aufgabe es sei, die Natur zu begreifen, die Begreiflichkeit der Natur voraussetzen müsse. Ebenso lehrt auch Goethe, „der Mensch muß bei dem Glauben verharren, daß das Unbe-

greifliche begreiflich sei; er würde sonst nicht forschen.“ Trotzdem hat er ein Unbegreifliches in der Natur zugegeben. Die Ideen, nach denen Gott-Natur alle Dinge gestaltet, sind für die Naturforschung zu erkennen unmöglich. Wenn man aber auch ein solches Unbegreifliches voraussetzt, so soll doch der Mensch seinem Forschen keine Schranken setzen und so weit in der Erkenntnis zu gelangen streben, als ihm möglich ist. In seinem Aufsatz „über Noses mineralogische Arbeiten“ erörtert er diese wichtigste Frage: „in wiefern wir ein Unerforschtes für unerforschlich erklären dürfen, und wieweit es dem Menschen vorwärts zu gehen erlaubt sei, ehe er Ursache habe, vor dem Unbegreiflichen zurückzutreten oder davor stille zu stehen. Unsere Meinung ist: daß es dem Menschen gar wohl gezieme, ein Unerforschliches anzunehmen, daß er dagegen aber seinem Forschen keine Grenzen zu setzen habe; denn wenn auch die Natur gegen den Menschen im Vorteil steht und ihm manches zu verheimlichen scheint, so steht er wieder gegen sie im Vorteil, daß er, wenn auch nicht durch sie durch, doch über sie hinaus denken kann. Wir sind aber schon weit genug gegen sie vorgedrungen, wenn wir zu den Urphänomenen gelangen, welche wir in ihrer unerforschlichen Herrlichkeit von Angesicht zu Angesicht anschaun und uns sodann wieder rückwärts in die Welt der Erschei-

nungen wenden, wo das in seiner Einfalt Unbegreifliche sich in tausend und aber tausend mannigfaltigen Erscheinungen bei aller Veränderlichkeit unverändert offenbart." — Hier wird Goethes Standpunkt aufs klarste ausgesprochen. Die Naturforschung kann nur so weit dringen, als die Möglichkeit der Anschauung reicht, d. h. bis zu den Urphänomenen. Über diese hinaus geht Goethes Naturforschung niemals. Das zu tun ist vielmehr die Aufgabe der Philosophie. Wie weit diese zur Erklärung der Urphänomene und zur Erkenntnis der der Natur zugrunde liegenden Ideen beitragen könne, bleibt ungewiß. Der menschliche Geist muß aber in das dunkle Land, soweit es ihm möglich ist, vorzudringen suchen „und wenn es gleich scheint, daß die menschliche Natur weder die unendliche Mannigfaltigkeit der Organisation fassen, noch das Gesetz, wonach sie wirkt, deutlich begreifen kann, so ist's doch schön, alle Kräfte aufzubieten, um von beiden Seiten sowohl durch Erfahrung als durch Nachdenken dieses Bild zu erweitern." Es liegt also in Goethes Auffassung vom Begreiflichen und Unbegreiflichen ein Stück Resignation, aber zur Beruhigung dient ihm die Erkenntnis, daß nur das Erforschliche praktischen Wert hat. Deshalb kann er das Unerforschliche ruhig verehren.

Die Stellung eines Jüngers, der die große Mutter Natur verehrt, hat Goethe sein ganzes Leben lang beibehalten. Für ihn war die Beschäftigung mit

der Natur eine Art Gottesdienst. Der Verkehr mit ihr ist deshalb so glückbringend, weil sie keine menschlichen Schwächen besitzt: „Warum ich zuletzt am Liebsten mit der Natur verkehre, ist, weil sie immer recht hat und der Irrtum bloß auf meiner Seite sein kann. Verhandle ich hingegen mit Menschen, so irren sie, dann ich, auch sie wieder, und so fort, da kommt nichts aufs Reine; weiß ich mich aber in die Natur zu schicken, so ist alles gethan.“ — „Die Natur bekümmert sich nicht um irgend einen Irrtum; sie selbst kann nicht anders als ewig recht handeln, unbekümmert was daraus erfolgen möge.“

Haben wir bisher Goethes Verhältnis zur Natur erörtert, so bleibt uns nur noch als letzte Aufgabe, uns klar zu machen, welch Aufschlüsse über Goethes Persönlichkeit wir aus der Kenntnis seines Naturforschens erhalten. Man kann die Menschen im allgemeinen in zwei große Gruppen sondern, in solche, die auf Grund von optischen Vorstellungen zu denken gewohnt sind, und solche, welche mit Hilfe akustischer Eindrücke und Erinnerungsbilder ihre geistige Tätigkeit ausüben. Zur ersteren Gruppe gehören viele der Naturforscher und Techniker, zur letzteren die Geisteswissenschaftler, Philosophen und Philologen. Bei vielen Menschen ist eine oder die andere Denkweise angeboren. Sie kann aber auch durch Erziehung ab-

geändert werden, wie denn tatsächlich viele Knaben das humanistische Gymnasium als anschauend betreten und als anhörend verlassen. Diese Auseinandersetzung ist deshalb hier von Wichtigkeit, weil Goethe vielleicht das typischte Beispiel für diejenige Menschenklasse ist, die auf Grund von Gesichtsvorstellungen denkt. Goethe ist ein reines optisches Genie, daher hat er auch die Farbenlehre vollendet und die Tonlehre im ersten Entwurf liegen lassen. „Gegen das Auge betrachtet ist das Ohr ein stummer Sinn." Goethe war wirklich „zum Sehen geboren, zum Schauen bestellt" und konnte, als er als Greis den Schlußakt des Faust dichtete, wohl mit Fug und Recht sagen:

„Ihr glücklichen Augen,
Was je ihr gesehn,
Es sei, wie es wolle,
Es war doch so schön!"

Er selbst ist über diese seine Geistesart besonders durch die treffende Bemerkung des Arztes Heinroth aufgeklärt worden, der ihm gegenständliches Denkvermögen zuschrieb, und hat im Anschluß daran in seinem Aufsatz: „Bedeutendes Fördernis durch ein geistreiches Wort" Anlaß genommen, sich über seine Denkweise auszusprechen. Er weist hierbei darauf hin, daß sein Dichten und sein Naturforschen beide auf dieser selben Grundlage ruhen, daß er so zu dichten pflege, daß er die Stoffe oft jahrelang mit sich herumtrage

und von Zeit zu Zeit in plastischer Form vor seinem geistigen Auge reproduziere. Diese fortwährende Erneuerung durch die Einbildungskraft führt dann schließlich zur endgültigen Gestaltung, und so schreibt er oft Dichtungen, die Jahrzehnte in ihm gereift sind, schließlich in wenigen Tagen nieder. Auch die Neigung zu Gelegenheitsgedichten hängt mit diesem gegenständlichen Denken zusammen. Wie sehr Goethe bei seiner Naturforschung sein gegenständliches Denken betätigte, braucht hier nur angedeutet zu werden. Alles Vorhergehende ist die beste Illustration dafür. In Farbenlehre und Physik strebte er ebenso nach Anschaulichkeit, wie er bei Betrachtung des Schöpsenschädels am Lido mit einem Blick den Aufbau des Schädels aus Wirbelkörpern erkannte, und wie er seine Idee des Pflanzenbaues so tatsächlich vor Augen zu sehen glaubte, daß ihm Schillers Einwurf, sie sei nur eine Idee, als eine Beleidigung erschien. So sehen wir, daß das Auge tatsächlich Goethes Hauptsinn ist, daß die optischen Eindrücke dauernd sein Denken bestimmen und in seinen Vorstellungskreis eingehen. Wenn man so auf Grund seiner Sinneseindrücke Dichter, Künstler und Naturforscher ist, so ist allerdings diese Fähigkeit zur Sinnlichkeit notwendige Voraussetzung. „Dichter und Künstler müssen geboren sein." Goethe selbst schildert uns an mehreren Stellen seiner Werke, wie es ihm ein Leichtes gewesen ist, Bilder, Menschen

und Handlungen sich jederzeit so vorzustellen, daß er sie mit Augen zu sehen glaubte.

Mit der Fähigkeit des gegenständlichen Denkens verknüpft sich bei Goethe naturgemäß ein zweites, die schöpferische Phantasie. Wir brauchen hier nicht näher auszuführen, daß Goethe diese Grundlage jeder dichterischen Tätigkeit in höchstem Maße besessen hat. Wir wollen nur das in der Einleitung Gesagte uns in das Gedächtnis zurückrufen, daß auch jeder Naturforscher, der zu umfassenden Vorstellungen gelangen will, nach Helmholtz' Zeugnis etwas von der Phantasie des Dichters nötig habe. Diese schöpferische Einbildungskraft äußert sich in allen Zweigen von Goethes Naturforschung, in der Pflanzenmetamorphose, in der Konstruktion des tierischen Typus ebensowohl wie in der Farbenlehre und den geologischen Theorien. Kein Geringerer als Johannes Müller hat noch zu Goethes Lebzeiten auf diese gemeinsame psychologische Grundlage von Goethes Dichtung und Naturforschung hingewiesen. Er schreibt in seinem Aufsatz „über die phantastischen Gesichtserscheinungen": „Hier zeigt sich denn, wo das Phantasieleben des Künstlers und des vergleichenden Naturforschers in gemeinsamem Gebiet sich berühren und auch auseinandergehen. In beiden bewegt sich das plastische Phantasieleben nur innerhalb der Sphäre des Begriffs. Der Naturforscher spricht das Gesetz der Formen-

bildung und Verwandlung aus, er sieht es nur in dem Wirklichen und Natürlichen verwirklicht. Die Phantasie des Künstlers ist auch nur in diesem Gesetze tätig, aber sie verläßt seine Verwirklichung im Wirklichen und Natürlichen, und erhebt sich, in denselben Gesetzen sich bewegend und fortschreitend, ohne den Begriff zu verlassen, über das Wirkliche zur idealen Form, die Selbstzweck und nicht mehr ein Ausdruck innerer Funktionen und als solcher immerhin durch diese beschränkt ist. Wundern wir uns darum nicht, wenn einer und derselbe das Größte in beiden Richtungen erreicht hat. Nur durch eine nach der erkannten Idee des lebendigen Wechsels wirkende plastische Imagination entdeckte Goethe die Metamorphose der Pflanzen, eben darauf beruhen seine Fortschritte in der vergleichenden Anatomie und seine höchst geistige, ja künstlerische Auffassung dieser Wissenschaft."

Wir haben in der sinnesphysiologischen Einleitung zur Farbenlehre auseinandergesetzt, daß von der Art und Funktion der Sinnesorgane das abhängt, was wir als Milieu eines Lebewesens bezeichnen. Wenn Sie nun versuchen, sich einmal zu vergegenwärtigen, in welch umfassender Weise Goethe seine Sinnesorgane und vor allem sein Auge zum Studium seiner Außenwelt benutzt hat, so wird Ihnen ohne weiteres klar werden, wie unendlich reichhaltig das Milieu dieses Mannes gewesen sein

muß. Alle Zweige des großen Baumes der Natur hat er selbst in eigener Arbeit kennen gelernt; die Tier- und Pflanzenwelt, die Oberfläche unserer Erde und die Atmosphäre, der gestirnte Himmel, die physikalischen Vorgänge in unserer Umgebung, das Wirken des Lichts und der Farbe waren ihm vertraut und so bekannt, daß er sie jeden Augenblick vor seinem geistigen Auge reproduzieren konnte. Daher auch die Fülle anschaulicher Bilder aus der Natur, die dem Dichter zur Verfügung stehen: „Ich habe niemals die Natur poetischer Zwecke wegen betrachtet. Aber weil mein früheres Landschaftszeichnen und dann mein späteres Naturforschen mich zu einem beständigen genauen Ansehen der natürlichen Gegenstände trieb, so habe ich die Natur bis in ihre kleinsten Details nach und nach auswendig gelernt, dergestalt daß, wenn ich als Poet etwas brauche, es mir zu Gebote steht und ich nicht leicht gegen die Wahrheit fehle.“ Es ist nicht meine Aufgabe, in eine Analyse von Goethes Dichtungen einzutreten, und alle die zahlreichen naturwissenschaftlichen Dinge, die hier anklingen, herauszuschälen. Aber ich bin überzeugt, daß jeder von Ihnen, wenn er jetzt eines jener Meisterwerke wieder in die Hand nimmt, mit um so größerer Freude auch auf diese Grundlage von Goethes Dichten achten und mit um so größerem Genusse die vielen aus der Natur genommenen Gleichnisse, Bilder und Schil-

derungen auf sich wirken lassen wird, die dem Dichter in so überwältigender Fülle zur Verfügung standen.

„Über allen Gipfeln
Ist Ruh,
In allen Wipfeln
Spürest du
Kaum einen Hauch;
Die Vöglein schweigen im Walde.“ ...

Hier wird nur geschildert und dieses einfachste Naturgemälde gilt als unmittelbares Symbol der geheimsten Stimmung des Dichterherzens. So ist es in hunderten und aber hunderten von Goethes Schöpfungen.

„Die naturwissenschaftlichen Arbeiten haben mich genötigt, meinen Geist zu prüfen und zu üben. Wenn auch für die Wissenschaft gar kein Vorteil daraus entspränge, so würde der Vorteil, den ich daraus ziehe, mir immer unschätzbar sein.“ Den Einfluß der Naturwissenschaft auf Goethes Geist haben wir kurz angedeutet. Daß aber auch für die Wissenschaft bedeutender Vorteil durch Goethes Forschung erwachsen ist, das hoffe ich Ihnen in diesen Vorlesungen zur Genüge gezeigt zu haben. Goethe war ein Geist, der aus jedem Felsen, an den er anschlug, lebendiges Wasser hervorsprudeln lassen konnte.

Meine Herren! Wir sind am Schluß. Indem ich diese Vorträge beende, lassen Sie mich noch auf

einen Grundzug Goetheschen Wesens hinweisen, das ist die völlige Reinheit seines naturwissenschaftlichen Strebens, das nur von dem Drange nach Erkenntnis geleitet wurde. Es ist eine alte, aber immer wieder vergessene Erfahrung, daß die wichtigsten auch praktisch brauchbarsten Ergebnisse durch rein theoretische zunächst nicht auf praktische Ziele gerichtete Forschung erreicht werden. „Man wird sich durch die Erfahrung überzeugen, wie es bisher der Fortschritt der Wissenschaft bewiesen hat, daß der reellste und ausgebreitetste Nutzen für die Menschen nur das Resultat großer und uneigennütziger Bemühungen sei, welche weder taglöhnermäßig ihren Lohn am Ende der Woche fordern dürfen, aber auch dagegen ein nützliches Resultat für die Menschheit weder am Ende eines Jahres noch Jahrzehnts noch Jahrhunderts vorzulegen brauchen." Für Goethe war das höchste Glück, bei seiner Naturforschung sich mit der Natur eins zu wissen, in der Natur aufzugehen und erst aus dem großen Naturganzen seine Persönlichkeit wieder herauszugewinnen.

„Und so lang du das nicht hast,
Dieses: Stirb und werde!
Bist du nur ein trüber Gast
Auf der dunklen Erde."

Lassen Sie uns zum Schluß noch jene gewaltigen Verse, in denen der Dichter das Aufgehen in

der Natur predigt, in denen er zugleich das umfassendste Bild eines vorwärtsstrebenden, in stetem Wechsel befindlichen Naturganzen entwirft, anhören.

Eins und Alles.

Im Gränzenlosen sich zu finden
Wird gern der Einzelne verschwinden,
Da löst sich aller Überdruß;
Statt heißem Wünschen, wildem Wollen,
Statt läst'gem Fordern, strengem Sollen,
Sich aufzugeben ist Genuß.

Weltseele komm uns zu durchdringen!
Dann mit dem Weltgeist selbst zu ringen,
Wird unsrer Kräfte Hochberuf.
Teilnehmend führen gute Geister,
Gelinde leitend, höchste Meister,
Zu dem, der alles schafft und schuf.

Und umzuschaffen das Geschaffne,
Damit sich's nicht zum Starren waffne,
Wirkt ewiges, lebendiges Tun.
Und was nicht war, nun will es werden,
Zu reinen Sonnen, farbigen Erden,
In keinem Falle darf es ruhn.

Es soll sich regen, schaffend handeln,
Erst sich gestalten, dann verwandeln;
Nur scheinbar steht's Momente still.
Das Ewige regt sich fort in allen!
Denn alles muß in Nichts zerfallen,
Wenn es im Sein beharren will.

Literatur.

1. Goethes Werke. Weimarer Ausgabe. II. Abteilung. Goethes naturwissenschaftliche Schriften. Bd. 1—13.
2. J. W. von Goethe Herzoglich Sachsen-Weimarischen Geheimenraths Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. — Gotha bey Carl Wilhelm Ettinger 1790.
3. Tafeln zu Goethes Farbenlehre.
4. Zur vergleichenden Osteologie, von Goethe, mit Zusätzen und Bemerkungen von Dr. Ed. d'Alton. — Verhandl. d. Kaiserlich leopold.-carolin. Akademie der Naturforscher, Bd. XII. 1. S. 324. 1824. (Tab. XXXIII—XXXV.)
5. Über den Zwischenknochen des Menschen und der Tiere von Goethe. — Ibid. Bd. XV. 1. S. 1. 1831. (Tab. I—V.)
6. Briefwechsel zwischen Goethe und Staatsrath Schultz. Ed. Düntzer. Leipzig.
7. Goethes naturwissenschaftliche Correspondenz (1812—1832). Ed. Bratranek. 2 Bde. Leipzig 1874.
8. Goethes Briefwechsel mit den Gebrüdern v. Humboldt (1795—1832). Ed. Bratranek. Leipzig 1876.
9. Goethes Gespräche. Herausgegeben von W. v. Biedermann. Leipzig 1890.
10. Einleitungen und Anmerkungen zu Goethes naturwissenschaftlichen Arbeiten von Dr. S. Kalischer, in der Hempelschen Goetheausgabe. 1877—1879.
11. Einleitungen und Anmerkungen zu Goethes naturwissenschaftlichen Arbeiten von Rudolf Steiner, in Kürschners Deutscher Nationalliteratur Bd. 114—117.
12. Bielschowski. Goethe. Sein Leben und seine Werke. München 1902—1904. — Besonders: Goethe als Naturforscher von Dr. S. Kalischer.

13. Recension von Nees von Esenbeck und Noeggerath über: Goethe. Zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie Bd. I. — Jenaische Allg. Litteraturzeitung. 1823. Bd. 2. S. 321 ff.
14. Al. v. Humboldt und Aimé Bonpland's Reise. I. Abt. Bd. 1. Einleitung, oder Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, nebst einem Naturgemälde der Tropenländer. — Tübingen 1807. (Widmungsblatt „An Goethe").
15. Rudolf Virchow. Goethe als Naturforscher und in besonderer Beziehung auf Schiller. Berlin 1864.
16. Herman v. Helmholtz. Über Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten. — Reden und Vorträge. Bd. I. S. 1.
17. — Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen. — Deutsche Rundschau Juli 1892.
18. J. Sachs. Geschichte der Botanik vom 16. Jahrh. bis 1860. München 1875.
19. M. Büsgen. Über Goethes botanische Studien. — Goethe-Jahrb. XI. S. 145. 1890.
20. A. Hansen. Die angebliche Abhängigkeit der Goetheschen Metamorphosenlehre von Linné. — Goethe-Jahrb. XXV. S. 128. 1904.
21. — Goethes Metamorphose der Pflanzen. — Goethe-Jahrb. XXVIII. S. 207. 1906.
22. H. S. Chamberlain. Immanuel Kant. Die Persönlichkeit als Einführung in das Werk. München 1905.
23. W. v. Wasielewski. Goethe und die Deszendenzlehre. Frankfurt 1904.
24. K. v. Bardeleben. Goethe als Anatom. — Goethe-Jahrb. XIII. S. 163. 1892.
25. J. Schwalbe. Zur Geschichte der plastischen Anatomie. — K. v. Bardeleben. Franz Heinrich Martens. In memoriam. — Deutsche medizin. Wochenschrift. 1896. Nr. 47.
26. H. Braus. Die Morphologie als historische Wissenschaft. — Exper. Beiträge zur Morphologie. I. 1. 1906.
27. H. Driesch. Der Vitalismus als Geschichte und als Lehre. Leipzig 1905.
28. Philipp Otto Runge, Mahler. Farbenkugel oder Construktion des Verhältnisses aller Mischungen der Farben

zu einander, und ihrer vollständigen Affinität, mit angehängtem Versuch einer Ableitung der Harmonie in den Zusammenstellungen der Farben. Nebst einer Abhandlung über die Bedeutung der Farben in der Natur, von Hrn. Prof. Henrik Steffens in Halle. — Hamburg, bey Friedrich Perthes. 1810.

29. Johann Purkinje. Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. 2. Bändchen. Neue Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjectiver Hinsicht. — Berlin 1825.

30. Johannes Müller. Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Tiere, nebst einem Versuch über die Bewegungen der Augen und über den menschlichen Blick. — Leipzig 1826.

31. — Über die phantastischen Gesichtserscheinungen etc. — Coblenz 1826.

32. Arthur Schopenhauer. Über das Sehen und die Farben. — S.'s Werke herausg. v. Grisebach. Bd. VI. Leipzig. Reclam.

33. Paul Schultz. A. Schopenhauer in seinen Beziehungen zu den Naturwissenschaften. Deutsche Rundschau. November 1899.

34. — A. Schopenhauers Abhandlung über das Sehen und die Farben. — Engelmanns Archiv für Physiologie. 1899. Supplement S. 510.

35. A. Leitzmann. Briefwechsel zwischen Goethe und Lichtenberg. — Goethe-Jahrb. XVIII. S. 32. 1897.

36. C. Ruland. Zu Goethes naturwissenschaftlichen Forschungen. — Goethe-Jahrb. XII. S. 152. 1891.

37. G. Linck. Goethes Verhältnis zur Mineralogie und Geognosie. Akademische Rede. — Jena 1906.

38. H. v. Helmholtz. Handbuch der physiologischen Optik. 2. Auflage. Hamburg 1896.

39. J. v. Kries. Die Gesichtsempfindungen. Nagels Handb. d. Physiologie. Braunschweig 1904.

40. E. Hering. Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Graefe-Saemisch's Handbuch der ges. Augenheilkunde. — 2. Aufl. Leipzig 1905.

41. R. Steiner. Goethes Beziehungen zur Versammlung deutscher Naturforscher u. Ärzte in Berlin 1828. — Goethe-Jahrb. XVI. S. 52. 1895.
42. Kant. Kritik der Urteilskraft. — Edid. Kehrbach. — Leipzig. Reclam.
43. A. Tschermak. Kontrast und Irradiation. — Ergebnisse der Physiologie. Bd. II. 2. — Wiesbaden 1903.
44. J. v. Uexküll. Physiologie und Biologie in ihrer Stellung zur Tierseele. — Ergebnisse der Physiologie. Bd. I. 2. — Wiesbaden 1902.

Register.

C.

D.

E.

H.

I.

V.

W.

Y.

Z.